DIE

PHOTOGRAPHI

ALS HÜLFSMITTEL

MIKROSKOPISCHER FORSC



DIE

PHOTOGRAPHIE

ALS HÜLFSMITTEL

MIKROSKOPISCHER FORSCHUNG.

DIE

PHOTOGRAPHIE

ALS

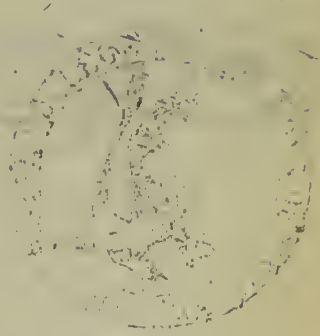
HÜLFSMITTEL

MIKROSKOPISCHER FORSCHUNG

VON

J. GERLACH,

PROFESSOR DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE IN ERLANGEN.



MIT 9 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN UND 4 PHOTOGR. TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.
1863.

VORWORT.

Meine Absicht bei Veröffentlichung der vorliegenden kleinen Schrift war, die Fachgenossen zu veranlassen, die Photographie, dieses wichtige Hülfsmittel bildlicher Darstellung, mehr und mehr für mikroskopische Zwecke zu verwerthen. Drei Sommer habe ich mich anhaltend mit dem Gegenstande beschäftigt und mein Hauptbestreben dahin gerichtet, das Mikroskop ohne grosse Kosten in einen photographischen Apparat umzuwandeln, mit welchem sich sicher und leicht Aufnahmen mikroskopischer Objecte machen lassen. Daher wurde auch in den folgenden Blättern die Beschreibung des Apparates besonders berücksichtigt; kürzer glaubte ich mich in der photographischen Technik fassen zu können. Ich habe hier nur eine, von mir vielfach erprobte Methode beschrieben, von der ich die Ueberzeugung habe, dass ihre genaue Befolgung sicher zum Ziele führt. Wer sich für die Photographie als solche weiter interessirt, mag die immer zahlreicher werdenden photographischen Handbücher und besonders das photographische Archiv von P. E. Liesegang zu Rathe ziehen. Bei Beurtheilung der photographischen Beilagen, deren Unvollkommenheit ich nur zu sehr fühle, bitte ich um Nachsicht.

Die Darstellung derselben fällt in den zweiten Sommer, in welchem ich mich mit Mikrophotographie beschäftigte. Meine Erfahrung sowohl in der Aufnahme, wie namentlich in dem Copiren, war damals noch ziemlich gering. Möge dieser Beitrag zur mikroskopischen Technik bei den Fachgenossen eine gleich günstige Aufnahme finden, wie meine früheren, die Injectionsmethode mit carminsaurem Ammoniak und das Imbibitionsverfahren

Erlangen, Ende Juli 1862.

J. Gerlach.

INHALT.

EINLEITUNG.

Es lag ausserordentlich nahe, die grosse Entdeckung der Photographie für mikroskopische Arbeiten zu verwerthen; denn durch die Photographie schien in der That das Mittel gegeben, absolut getreue Bilder zu gewinnen und dadurch einem der wesentlichsten Bedürfnisse mikroskopischer Forschung abzuhelfen. War damit doch die erfreuliche Aussicht eröffnet, dass durch die Photographie eine der häufigsten Ursachen mikroskopischer Irrungen, nämlich die, dass der Beobachter seine subjective Ansicht über die Deutung des mikroskopischen Bildes, fast ohne es selbst nur zu ahnen, in die Zeichnung hineinträgt, vollkommen beseitigt werden könnte. Die so ausserordentlich häufigen Controversen unter den Mikroskopikern, welche wenigstens früher der Ausbreitung mikroskopischer Studien dadurch hemmend entgegentraten, dass man das Instrument selbst mit einem gewissen Misstrauen betrachtete, mussten jetzt nur auf die Deutung des mikroskopischen Bildes beschränkt bleiben. Die mikroskopische Beobachtung auf der lichtempfindlichen Platte fixirt, wurde, um es kurz zu sagen, objectiv. — Dieser Ideengang musste sich nach Entdeckung der Photographie jedem denkenden Mikroskopiker aufdrängen, und es ist daher leicht begreiflich, dass schon kurz nachdem Daguerre im Jahre 1839 die ersten Veröffentlichungen über Photographie gemacht

hatte, Versuche auftauchten, das mikroskopische Bild photographisch zu fixiren. Der erste, welcher derartige Versuche mit Erfolg anstellte, scheint der Anatom Berres in Wien gewesen zu sein, der seine Aufnahmen auf Silberplatten mittelst eines Sonnenmikroskopes machte. Schon im Jahre 1844 erschien der *Atlas d'anatomie microscopique* von A. Donné, der durch Druck vervielfältigte mikroskopische Abbildungen enthielt, welche nicht unter dem Mikroskope, sondern nach photographischen, auf Silberplatten hergestellten Bildern gezeichnet waren. Die ursprünglichen Aufnahmen auf den Silberplatten machte Donné unter Beihülfe von Léon Foucauld gleichfalls mit Hülfe des Sonnenmikroskops. So lange die Photographie auf Silberplatten beschränkt blieb, war neben der Schwierigkeit der Darstellung wohl hauptsächlich die Unmöglichkeit, mikroskopische Bilder auf photographischem Wege zu vervielfältigen, die Ursache, dass die mikroskopische Photographie im Ganzen nur wenige Bearbeiter fand. Als jedoch durch Fox Talbot ein Verfahren bekannt wurde, photographische Negative auf Papier darzustellen, welche sich durch Umdruck auf Chlorsilberpapier in beliebiger Anzahl vervielfältigen liessen, wandte man dieses Verfahren alsbald für die Darstellung mikroskopischer Photographien an, und schon im Jahre 1847 soll Carpenter der Versammlung der *British Association* photographische Abbildungen mikroskopischer Gegenstände vorgelegt haben. Ich selbst beschäftigte mich in den Jahren 1849 und 1850 mit dergleichen Versuchen, stand jedoch später davon ab, weil mir das Korn des Papieres bei so zarten Bildern, wie sie eben das Mikroskop liefert, ein unübersteigliches Hinderniss einer getreuen Wiedergabe schien. Erst nachdem für die Darstellung der Negativen ein vollkommen durchsichtiges Material gewonnen war, konnte an eine Vervollkommnung der mikroskopischen Photographie gedacht werden. Dieses fand sich denn auch alsbald in dem Glas, welches zuerst durch einen Ueberzug von einer iodhaltigen

Eiweissschicht (Niepçe de St. Victor) und später von iodhaltigem Collodion (Archer) lichtempfindlich gemacht wurde. Die Darstellung der Negativen auf Glas bildet den wesentlichsten Fortschritt in der Photographie und war die Bedingung einer erfolgreichen Anwendung derselben für mikroskopische Zwecke. In der That gewann jetzt die mikroskopische Photographie alsbald eine grössere Verbreitung. Schon im Jahre 1853, also zwei Jahre nach Einführung der Collodionphotographie, sah ich bei Herrn Apotheker Mayer in Frankfurt recht gelungene Aufnahmen von mikroskopischen Versteinerungen aus dem Guano, und 1854 bei dem Optiker Nachet in Paris ausgezeichnet schöne bei 300facher Vergrösserung aufgenommene Bilder des Blutes verschiedener Thiere. Auch in Wien (Pohl, Weselsky) und namentlich in England (Hodgson. Shadbolt, Kingsley, Huxley, vor Allen Wenham) beschäftigte man sich mit mikroskopischer Photographie. Es liegt durchaus nicht in dem Plane dieser Mittheilungen, alle hierher gehörigen Namen zu nennen und eine Kritik der in diesem Felde bereits vorliegenden Leistungen zu geben; nur auf zwei grössere mikrophotographische Werke sei mir erlaubt noch kurz zurückzukommen. Es ist dieses die in sehr grossem Style angelegte Unternehmung von A Bertsch, »*Etudes d'histoire naturelle au microscope*«, von welcher mir die ersten Bilder im Jahre 1859 unter die Hand kamen, und dann der »Atlas der allgemeinen thierischen Gewebelehre« von Th. v. Hessling und Jul. Kollmann, photographirt von Jos. Albert.*) Bertsch bediente sich zu seinen Aufnahmen des Sonnenmikroskopes, während der Apparat, mit welchem Albert arbeitete, bis jetzt noch nicht bekannt ist. Darf ich mir ein Urtheil über diese beiden ersten grösseren Veröffentlichungen der Mikrophotographie erlauben, so sind die Leistungen der photographischen Technik entschieden bedeutender bei

*) Bis jetzt erschienen 1. und 2. Lieferung. Leipzig, 1861.

Bertsch, wie überhaupt bis jetzt noch Frankreich in der Photographie, wenigstens auf dem Continent, die erste Stelle einnimmt; dagegen sind die Präparate, welche photographirt wurden, in dem deutschen Werke sorgfältiger ausgewählt und bei weitem besser dargestellt. Es tritt auch hier zu Tage, dass in der Behandlung des Mikroskops als Forschungsmittels die Deutschen den Franzosen noch bedeutend überlegen sind. Bertsch ist übrigens, soviel mir bekannt, kein Mikroskopiker, sondern nur Photograph, gehört aber als solcher zu den bedeutendsten Autoritäten dieses Faches in Frankreich. Für einen Photographen, der in mikroskopischen Beobachtungen keine Uebung hat, ist aber die Aufnahme mikroskopischer Gegenstände ebenso misslich, als die anderer Gegenstände, selbst die eines einfachen Portraits, wenn demselben jede künstlerische Begabung abgeht. Die mikroskopische Photographie wird daher in den Händen von Fachphotographen kaum eine Zukunft haben, sie muss in die Hände des mikroskopischen Forschers selbst übergehen, ein Hülfsmittel der mikroskopischen Technik werden. Selbst die Verbindung von Mikroskopikern mit Photographen, wie wir sie bei dem ersten grösseren deutschen mikrophotographischen Werke gegeben sehen, entspricht nicht dem richtigen Verhältniss. Gewöhnlich wird hierbei dem mikroskopischen Forscher die einfache Stelle des Präparators zufallen, und derselbe wird immer in ein mehr oder weniger abhängiges Verhältniss zu dem Photographen gerathen. Hat der Mikroskopiker ein beweisendes Präparat zu Stande gebracht, so ist der Photograph oft durch andere Arbeiten verhindert, und das Object geht entweder verloren, oder muss gezeichnet werden. Ferner erhält man erst, wie ich dieses aus eigener Erfahrung weiss, durch längere Beschäftigung mit der Mikrophotographie Kenntniss von den eigenthümlichen Anforderungen, welchen das mikroskopische Präparat genügen muss, um gelungene photographische Aufnahmen zu gestatten, kurz, ich kann es nur wiederholen, die

mikroskopische Photographie wird nur in den Händen des Mikroskopikers von Fach nutzbringend für die Wissenschaft werden.

Mancher mikroskopische Fachgenosse wird allerdings ungläubig den Kopf schütteln, wenn er von meiner Ansicht Kenntniss nimmt, dass auch die Photographie in den Kreis der mikroskopischen Technik aufgenommen werden soll und diese Anforderung an den Mikroskopiker als zuweitgehend betrachten. Der Grund hiervon liegt in der noch ziemlich allgemein verbreiteten Ueberschätzung der Schwierigkeiten, welche mit photographischen Aufnahmen verbunden sind. Die Sicherheit der Photographie hat in den letzten vier bis fünf Jahren ausserordentlich gewonnen, theils dadurch, dass die Methoden einfacher geworden sind, theils dadurch, dass mit jedem Jahre die Anzahl verlässlicher merkantiler Institute sich mehrt, von welchen man mit Leichtigkeit nicht nur Chemikalien in der für die Photographie durchaus nöthigen Reinheit, sondern auch die fertigen Präparate und Lösungen beziehen kann, mit welchen man dann weiter arbeitet. Die eigentliche photographische Manipulation ist jetzt so einfach, und namentlich für mikroskopische Zwecke, wo man immer es nur mit verhältnissmässig kleinen Platten zu thun hat, so leicht, dass in wenigen Tagen Jeder, der nur einige Geschicklichkeit und Handfertigkeit besitzt, wie sie heut zu Tage der Mikroskopiker nothwendig haben muss, sich genügend mit derselben vertraut machen kann. Allerdings ist die Erlernung der photographischen Technik leichter, wenn man Gelegenheit hat, zuerst unter den Augen eines erfahrenen Photographen zu arbeiten; allein ich hoffe, dass die folgenden Blätter auch solchen, welche nicht in der Lage sind, praktischen Unterricht in der Photographie zu nehmen, einen ziemlich sicheren Führer in photographischen Versuchen abgeben werden. In der That ist es viel schwieriger und mit viel grösserem Zeitverluste verbunden, zu lernen eine einigermaassen brauchbare mikroskopische

Zeichnung anzufertigen, als sich die Uebung in den nöthigen Handgriffen zu erwerben, welche die praktische Photographie erfordert.

Ein anderes Moment, von welchem ich glaube, dass es vielfach die Mikroskopiker abgehalten hat, die Photographie als Hülfsmittel der mikroskopischen Forschung zu verwerthen, ist die ziemlich verbreitete Ansicht, dass mikroskopisch-photographische Aufnahmen mit ausserordentlich viel grösseren Schwierigkeiten verbunden seien, als die Aufnahmen mit den gewöhnlichen Apparaten der Photographen. Dieses ist aber vollkommen irrig; allerdings wird sich ein Photograph mit einem in einen photographischen Apparat umgewandelten Mikroskope schwerer zurecht finden, als mit seiner gewöhnlichen Camera, allein einem Mikroskopiker von Fach kann die Handhabung desjenigen mikrophotographischen Apparates, welchen ich angegeben habe, kaum grosse Schwierigkeiten machen. Mit der Hauptsache, der scharfen Einstellung, ist er schon vertraut, denn die einfachste mikroskopische Beobachtung erfordert ja dieselbe. Der Apparat selbst ist das ihm bekannte Instrument, an welchem nur die zum Photographiren nöthigen Veränderungen vorgenommen sind. Jedes Mikroskop, das gute Objectivlinsen besitzt und an welchem die Schrauben, namentlich die Mikrometerschraube, gut gearbeitet sind, so dass sie bei der durch den photographischen Aufsatz bedingten Belastung durchaus nicht nachgeben, kann mit Leichtigkeit und mit einem Kostenaufwande von höchstens fünf bis sechs Thaler in einen photographischen Apparat umgewandelt werden, mit dem sich eben so sicher arbeiten lässt, als mit den gewöhnlichen Apparaten der Photographen. Die Schwierigkeit der Einstellung wächst allerdings mit der Steigerung der Vergrösserung; dafür haben wir aber die Mikrometerschraube, deren geschickte Handhabung eine eben so genaue Einstellung ermöglicht, als sie mittelst der groben Schraube an den gewöhnlichen photographischen Apparaten bewerk-

stelligt werden kann. Die Nichtübereinstimmung des sogenannten chemischen mit dem optischen Focus, an welchem so viele photographische Apparate leiden, habe ich bei den Linsen von Schiek und Oberhäuser, mit welchen ich bis jetzt arbeitete, durchaus nicht bemerkt; wenn das Bild vollkommen scharf auf dem durchscheinenden Papiere, welches ich zur Einstellung benutze, erschien, war auch die Aufnahme eine vollkommen scharfe.

Ausser der Handhabung des Apparates existirt aber durchaus keine weitere Verschiedenheit zwischen der gewöhnlichen und der mikroskopischen Photographie. Man arbeitet mit ganz denselben Lösungen und vollführt dieselben Manipulationen, wie bei einer gewöhnlichen Aufnahme; von besonderen Schwierigkeiten der photographischen Technik kann daher bei der Mikrophotographie nicht die Rede sein.

Dagegen kenne ich kaum irgend eine Beschäftigung mit wissenschaftlichen Gegenständen, welche in dem Grade, wie die Mikrophotographie, eine Quelle innerer Befriedigung und Freude für denjenigen wird, welcher sich damit befasst. Ich wenigstens muss bekennen, dass noch keine Arbeit mich in gleichem Maasse angezogen und fortwährend gefesselt hat, als die Darstellung mikroskopischer Photographien und die Vervollkommnung der Methoden, welche diesem Zwecke dienen. Es ist ein Vergnügen ganz eigenthümlicher Art, zu beobachten, wie unter dem Einflusse der hervorrufenden Flüssigkeit auf der Platte allmählich das mikroskopische Bild in die Erscheinung tritt, mit welchem wir seit Jahren vertraut sind und von dem nun die Natur selbst unter unseren Augen die reinste Zeichnung entstehen lässt. Ein derartig gelungener Versuch entschädigt für zehn misslungene, wie ich mich recht gut aus jener Periode meiner Versuche erinnere, in welcher ich wegen der Mangelhaftigkeit des Apparates so ausserordentlich viel mit unrichtiger Einstellung zu kämpfen hatte.

Es ist aber nicht allein das subjective Gefühl innerer Be-

friedigung, welches die Beschäftigung mit der mikroskopischen Photographie zu einer äusserst lohnenden macht, sondern es entsteht daraus auch ein wesentlicher Gewinn, sowohl für die Förderung der Wissenschaft, wie für den Unterricht.

Ganz abgesehen von dem wissenschaftlichen Werthe, den es hat, absolut getreue Abbildungen mikroskopischer Objecte zu besitzen, über deren Deutung sich Forscher ohne weitere Zuhülfenahme des Mikroskopes, mit welchem sehr lange zu beobachten immer ermüdend und angreifend ist, verständigen können, und zwar selbst auf weite Entfernungen hin, was durch Uebersendung der leicht anzufertigenden Copien möglich wird, hat die Mikrophotographie einen entschiedenen wissenschaftlichen Werth für die absolut genaue und leichte Bestimmung der Maasse mikroskopischer Objecte, welche mit derselben Sicherheit genommen werden können, mit der wir nur immer Gegenstände der makroskopischen Welt messen. Man kann nämlich so gut, wie jedes andere Object, auch den Mikrometer photographiren, und gewinnt dadurch eine genaue Bestimmung der vergrössernden Wirkung des Apparates für ein bestimmtes Linsensystem und eine gegebene Entfernung der empfindlichen Platte von den Objectivlinsen. Ueberrascht war ich bei derartigen photographischen Bestimmungen der Stärke der Vergrösserung durch die Wahrnehmung, dass wir Mikroskopiker den Angaben der Optiker über die Leistungsfähigkeit ihrer Instrumente folgend, im Allgemeinen die vergrössernde Wirkung der Mikroskope viel höher annehmen, als sie es in der That ist. Derartige Erfahrungen machte ich namentlich bei der Aufnahme von Objecten von constanten Grössenverhältnissen, welche man sehr häufig zu beobachten Gelegenheit hat, z. B. bei der von Blutkörperchen des Menschen und des Frosches. So glaubte ich und mehrere mit dem Mikroskope vertraute Freunde bei Beobachtung von derartigen Photographien, dass die Aufnahme bei einer Vergrösserung von 300 gemacht worden sei, während die genaue Bestim-

mung derselben mittelst der Photographie des Mikrometers kaum eine Vergrösserung von 200 nachwies. Auch die meisten Leser werden darüber erstaunt sein, dass die in Taf. I, Fig. 2 dargestellte Schuppe von *Hipparchia Janira* nur bei einer Vergrösserung von 265 aufgenommen ist.

Das Messen der Objecte nach Aufnahme des Mikrometers ist ausserordentlich einfach. Es ist hierfür nichts nothwendig, als mit dem Zirkel an der Photographie des Objectes die Maasse zu bestimmen und an dem photographirten Mikrometer zu sehen, wie viel die Entfernung beider Zirkelspitzen von einander beträgt, womit auch die Maassbestimmung gegeben ist. Da Fig. 1 und 2 von Taf. I mit demselben Linsensystem und bei gleicher Entfernung der empfindlichen Platte von den Objectivlinsen aufgenommen sind, so haben wir nur mit dem Zirkel die Länge und Breite der in Fig. 2 dargestellten Schuppe von *Hipparchia* zu bestimmen und dann zu sehen, wie viel Theilstriche des in Fig. 1 gegebenen Mikrometers der durch den Zirkel gefundenen Länge und Breite entsprechen. Da der in Fig. 1 aufgenommene Mikrometer einen Millimeter darstellt, welcher in hundert Theile getheilt ist, so entspricht die Entfernung von einem Theilstriche zu dem anderen dem hundertsten Theil eines Millimeters. Die Schuppe der *Hipparchia* in Fig. 2 wird daher 0,065 Mm. breit und 0,150 Mm. lang sein. Ist demnach für bestimmte Vergrösserungen den photographirten Objecten eine Photographie des Mikrometers beigegeben, so kann man mit Leichtigkeit ohne Zuhülfenahme des Mikroskops die Angaben über die Grössenverhältnisse der Objecte controliren. Es werden daher durch Einführung der Photographie in die mikroskopische Technik falsche Maassbestimmungen geradezu eine Unmöglichkeit werden.

Noch wichtiger, als für die leichte und absolut genaue Maassbestimmung wird die Photographie der mikroskopischen Forschung dadurch, dass in ihr ein Mittel gegeben ist, die Vergrösserung in einer Weise zu steigern, welche durch

rein optische Mittel zur Zeit wenigstens unerreichbar zu sein scheint.*) Die Bedeutung, welche die Photographie in dieser Beziehung für die Histologie erreichen dürfte, wird um so grösser, als die Forschung, wenigstens was die normale thierische Gewebelehre betrifft, über die mir allein ein Urtheil zusteht, an einem Punkte angekommen zu sein scheint, welcher den weitern Fortschritt hauptsächlich abhängig macht von der Möglichkeit, ganz andere Vergrösserungen in Anwendung zu bringen, als die bis jetzt gebräuchlichen. Ich will zwar durchaus nicht behaupten, dass mit Instrumenten von der Leistungsfähigkeit unserer jetzigen Mikroskope, welche namentlich seit Einführung der Immersionslinsen an Stärke so sehr gewonnen haben, nicht noch interessante und wichtige Entdeckungen in der normalen Gewebelehre werden gemacht werden, allein für physiologische Verwerthung dürften doch Untersuchungen über die feinere Zusammensetzung der bis jetzt als einfach betrachteten und daher Elementartheile genannten Gebilde von ungleich höherem Werthe sein. Der Zellenkern, die Zellenhülle, die Blutkörperchenmembran, die Muskelfaser, die Axenfaser des Nerven sind uns, wenn man das Wenige, was die Untersuchung mittelst polarisirten Lichtes ergeben hat, in Abrechnung bringt, rücksichtlich ihres molekularen Baues noch ziemlich unbekannte Grössen. Der Histologe spricht von körnigen, glatten oder bläschenförmigen Kernen, von homogenen, structurlosen und wasserhellen Membranen, während der Physiologe zur Erklärung der einfachsten Ernährungsvorgänge der Diffusionsströme bedarf, welche wieder Poren der feinsten Gewebetheile voraussetzen, deren sinnliche Wahrnehmung mittelst unserer jetzigen optischen Hülfsmittel bis jetzt wenigstens noch nicht gelungen

*) J. Gerlach, über die Steigerung der Vergrösserung auf photographischem Wege. In den Monatsberichten der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Juniheft. 1861. S. 596.

ist. Untersuchungen über die weitere Structur der bis jetzt als einfach angenommenen und daher Elementartheile genannten Gebilde sind demnach für eine tiefere Einsicht in eine grosse Reihe physiologischer Vorgänge von der höchsten Bedeutung, und kein Mittel der Forschung ist zu vernachlässigen, welches nur einigermaassen Erfolg in dieser Richtung verspricht.

Ist ein mikroskopisches Object vollkommen scharf aufgenommen, so wird schon bei Betrachtung der Glasplatte, welche das negative Bild trägt, eine viel genauere Detailzeichnung sichtbar, als jene ist, welche das unbewaffnete Auge findet. In dem Maasse, als die vergrössernde Kraft der Lupe zunimmt, wird natürlich das negative Bild der Glasplatte vergrössert und wir werden dadurch in den Stand gesetzt, immer mehr Feinheiten an dem negativen Bilde wahrzunehmen. Wie mit der Lupe, so kann das ursprünglich negative Bild mit dem Mikroskop untersucht und so selbst Gegenstand einer neuen Aufnahme mittelst des mikrophotographischen Apparates werden. Die Vergrösserung wächst hiebei natürlich ungeheuer, da jede Einheit, um welche das negative Bild bei der zweiten Aufnahme vergrössert wird, das Doppelte der Vergrösserung der ersten Aufnahme beträgt. Geschah z. B. die erste Aufnahme bei einer linearen Vergrösserung von 300, so wird, wenn bei der zweiten Aufnahme nur eine Vergrösserung von 10 angewandt wurde, die Vergrösserung jetzt 3000 betragen, und wenn wir das bei der zweiten Aufnahme gewonnene Bild einer dritten Aufnahme und zwar wieder bei einer Vergrösserung von 10 unterziehen, so gelangen wir zu der enormen linearen Vergrösserung von 30,000. Die Grenze der auf diesem Wege möglichen Steigerung der Vergrösserung liegt nur in dem Sichtbarwerden des Silberniederschlages auf der zu der ursprünglichen Aufnahme verwandten Glasplatte. Diese Grenze kann aber theils durch Verdünnung der photographischen Lösungen, theils durch eine eigenthümliche Behandlung

der Glasplatte der ersten Aufnahme ausserordentlich weit hinausgeschoben werden, so dass selbst eine 100malige Vergrösserung der ursprünglichen Aufnahme möglich ist, ohne dass der Silberniederschlag dem unbewaffneten Auge merklich sichtbar wird.

Eine Frage von principieller Bedeutung für den Werth der Steigerung der Vergrösserung auf diesem neuen photographischen Wege ist nun die, ob das Bild nur an räumlicher Ausdehnung gewinnt, oder ob in der Zeichnung des Bildes neue Einzelnheiten auftreten, die bei Betrachtung der ersten Aufnahme dem Beobachter vollkommen verborgen blieben. Diese Frage lässt sich auch so formuliren: Ist die Feinheit der photographischen Aufnahme bei scharfer Einstellung so gross, dass das unbewaffnete Auge nicht im Stande ist, alle Einzelnheiten derselben wahrzunehmen? Nach dieser zweiten Fassung kann die Frage nur in bejahendem Sinne als gelöst betrachtet werden; den Beweis dafür liefern die zuerst in England angefertigten, jetzt aber schon ziemlich allgemein verbreiteten Glasphotographien, welche kaum ein Quadratmillimeter gross dem unbewaffneten Auge als ein mehr oder weniger diffuser schwarzer Fleck erscheinen, aber bei einer 50 bis 100maligen Vergrösserung sich zu bestimmt und scharf gezeichneten Bildern auflösen. Das Ausgezeichnetste, was ich von derartigen Photographien zu sehen Gelegenheit hatte, war das ganze Paternoster in englischer Sprache, welches auf den Raum des dritten Theiles eines Quadratmillimeter zusammengedrängt sich bei einer 100maligen Vergrösserung zu einer durchaus scharfen Schrift auflöste, deren einzelne Buchstaben eine Höhe von 4 Millimeter hatten. Bei dieser Vergrösserung war noch keine Spur des Silberniederschlages bemerklich.

Obgleich durch die Existenz dieser Mikrophotographien jeder Zweifel beseitigt erscheint, dass die Detailzeichnung des photographischen Bildes weit über das Auffassungsvermögen

des unbewaffneten Auges hinausgeht, so machte ich doch noch gewisse Versuche, um den Werth der Steigerung der Vergrösserung auf photographischem Wege für die mikroskopische Forschung darzuthun. Ich nahm nämlich bekannte Probeobjecte, deren Detailzeichnung erst bei starken Vergrösserungen sichtbar wird, nur mit sehr schwachen Linsen auf und steigerte dann die Vergrösserung weiter auf photographischem Wege. So zeigte die Aufnahme einer Schuppe von *Hipparchia Janira* bei einer Vergrösserung von 50 keine Spur der bekannten Querstreifung, welche aber sehr schön und scharf gezeichnet erschien, als die Glasplatte der ersten Aufnahme bei einer 25maligen Vergrösserung untersucht wurde.

Als ein Beispiel der Bedeutung dieser neuen durch die Photographie gegebenen Steigerung der Vergrösserung habe ich die auf Taf. III dargestellte Abbildung der quergestreiften Muskulatur des Frosches beigefügt. Dieselbe stammt aus der ersten Zeit, in welcher ich mich mit der Vergrösserungsphotographie beschäftigte, und da mir damals die Mittel, das Sichtbarwerden des störenden Silberniederschlages weiter hinauszuschieben, noch nicht bekannt waren, so ist die Vergrösserung, bei welcher dieselbe aufgenommen wurde, eine verhältnissmässig nur geringe; denn sie beträgt nicht mehr als 1000; allein trotzdem überraschte mich bei der Aufnahme die Eigenthümlichkeit des Bildes und mehrere Freunde, welchen ich dasselbe zeigte, waren eben so erstaunt darüber, dass die ihnen vorliegende Photographie quergestreifte Muskulatur darstelle. Die Theile der beiden dargestellten Muskelfäden stammen aus dem *Sartorius* des Frosches, der zuerst mit absolutem Alkohol behandelt und dann mittelst Terpentinöl und Canadabalsam durchsichtig gemacht worden war. Trotz der Schrumpfung, welche durch die von der Behandlung mit absolutem Alkohol herrührende Wasserentziehung bedingt ist, bleibt die Dicke der Muskelfäden dennoch ein Hinderniss, dass der Rand eines Muskelfadens und dessen

mittlerer Theil nicht gleichzeitig scharf eingestellt werden kann; denn der Einstellungsraum wird namentlich bei der Vergrösserungsphotographie verschwindend klein, da es sich hier um das Treffen von Punkten im wirklich mathematischen Sinne des Wortes handelt. Daher ist die richtige Einstellung der weitaus schwierigste Theil der Mikrophotographie. Um Rand und Mitte in Einem Bilde darstellen zu können, war ich genöthigt, zwei neben einander liegende Muskelfäden auszuwählen, von welchen der eine die Entfernung von den Objectivlinsen hatte, dass der Rand, der andere jene, dass die Mitte genau in die richtige Focaldistanz fiel. Wir sehen nun die beiden in regelmässigen Schichten auf einander folgenden Massen, aus welchen der Muskelfaden zusammengesetzt erscheint, in der Art vertheilt, dass die eine, die lichte an dem Rande knotenförmige Anschwellungen bildet, wodurch sie die andere, die dunkle, fast ganz verdrängt, während die letztere in der Mitte in der Art vorherrscht, dass jede Schichte derselben mindestens den doppelten Raum einer Schichte der lichten Substanz einnimmt. Diese Knotenbildung am Rande und die grosse Verschiedenheit in der Dicke der Schichten war mir wenigstens früher, wo ich häufig derartige Präparate untersuchte, unbekannt geblieben, ich lernte sie erst durch die Vergrösserungsphotographie kennen. Aber auch für die Beurtheilung der Verschiedenheit in den molekularen Verhältnissen beider Substanzen giebt uns die Photographie Anhaltspunkte. Während nämlich die einfache mikroskopische Beobachtung nur durch eine leichte Aenderung zwischen Licht und Schatten beide Substanzen unterscheiden lässt, zeigt die Photographie, dass gegen die chemisch wirksamen Strahlen beide Substanzen sich absolut verschieden verhalten. Die eine absorbirt sämmtliche chemisch wirksame Strahlen, die andere lässt diese Strahlen durchtreten. Zu dieser Annahme sind wir berechtigt durch den grellen Gegensatz zwischen den exquisit weissen und tief dunklen abwechselnden Schichten beider

Substanzen. Wie daher beide Substanzen eine Verschiedenheit zeigen gegen den polarisirten Strahl, eine Thatsache, die wir Brücke*) verdanken, so sind sie auch verschieden gegen den aktinischen, d. h. chemisch wirksamen Strahl, eine Thatsache, die nur durch die Photographie ermittelt werden konnte. Hat man schon vielfach versucht, das Ergebniss der Untersuchung des Muskels mit polarisirtem Lichte für die Erklärung seiner elektrischen Massenvertheilung zu verwerthen, so liegt noch näher, das, was die Vergrösserungsphotographie lehrt, damit in Verbindung zu bringen; denn sie zeigt in der That, dass an dem Rande des Muskelfadens, dem Längsschnitt, die eine, in dem Inneren des Muskelfadens, dem Querschnitt, die andere der beiden gegen den polarisirten wie aktinischen Strahl sich verschieden verhaltenden Substanzen, welche den Muskelfaden zusammensetzen, prävalirt; sie bahnt damit auch für den Mikroskopiker eine Einsicht in das physiologische Gesetz des ruhenden Muskelstromes an.

Schliesslich habe ich noch der Photographie als eines Hülfsmittels mikroskopischer Untersuchung zu gedenken, durch welches es möglich wird, dem Auge die chemische Wirkung von Strahlen vorzuführen, welche unmittelbar wahrzunehmen dem Auge unmöglich ist. Allgemein bekannt ist die Thatsache, dass bei der photographischen Aufnahme des Sonnenspectrums die Scala der Schattirungen, welche den verschiedenen Farben des Spectrums entsprechen, weiter reicht, als das dem Auge sichtbare violette Ende des Spectrums. Daraus folgt, dass es Strahlen von grösserer Brechbarkeit als die violetten giebt, welche zwar das Auge nicht in Erregungszustand zu setzen, wohl aber chemische Wirkungen zu äussern vermögen. Diese sogenannten überviolctten Strahlen können nun

*) Untersuchungen über den Bau der Muskelfasern mit Hülfe des polarisirten Lichtes in dem XV. Bande der Denkschriften der Kaiserl. östr. Akademie der Wissenschaften.

auch zur Gestaltung des mikroskopischen Bildes beitragen; der Antheil jedoch, den sie daran nehmen, wirkt nicht auf das beobachtende Auge, wohl aber auf die lichtempfindliche Glasplatte. Dieses ist der Grund, weshalb beide Bilder desselben Objects durch dieselben Linsen vergrössert, das Gesichtsbild des Beobachters und das photographische Bild der empfindlichen Glasplatte nicht nothwendig identisch zu sein brauchen. Diese Unterschiede beider Bilder können nun für die mikroskopische Forschung von Wichtigkeit werden. Es ist dadurch möglich, dass das photographische Bild uns mehr Aufschluss über die Structurverhältnisse eines Objectes giebt, als die einfache Beobachtung desselben durch das Mikroskop. In der That erwähnt Harting*), der schon auf die Bedeutung der Photographie in diesem Sinne hingewiesen hat, einer photographischen Abbildung des *Pleurosigma angulatum* von Wenham**), in welcher die Zeichnung an der Oberfläche der Schale vollkommen schwarz und weit deutlicher ist, als man dieselbe je durch das zusammengesetzte Mikroskop zu sehen erwarten darf. Der Grund dieser grösseren Deutlichkeit des photographischen Bildes kann nur in der Betheiligung dieser übervioletten Strahlen liegen.

In dem folgenden speciellen Theile werde ich zuerst eine genaue Beschreibung des Apparates für Mikrophotographie geben und daran die photographische Technik, insoweit sie für die Mikrophotographie von Wichtigkeit ist, reihen. Hierauf werden die Abschnitte über die Vergrösserungsphotographie und die Anfertigung mikroskopischer Präparate, die photographirt werden sollen, folgen. Den Schluss wird die Schilderung des Ganges einer mikrophotographischen Aufnahme bilden.

---

*) Das Mikroskop etc., übersetzt von Theile, S. 552.

**) Die Abbildung findet sich bei Carpenter, *On the microscope etc.* S. 307.

Der Apparat.

Die Apparate, deren man sich bisher bediente, um mikroskopische Photographien darzustellen, waren entweder das Sonnenmikroskop, oder das gewöhnliche zusammengesetzte Mikroskop mit Anwendung von Sonnenlicht. Der Unterschied zwischen beiden Apparaten ist jedoch nicht so bedeutend, als derselbe auf den ersten Blick erscheint.

Bei dem Sonnenmikroskop haben wir einen ebenen Spiegel zur Reflexion des nöthigen Sonnenlichtes, eine Sammellinse zur Concentration der reflectirten Strahlen und die Objectivlinsen, durch welche das Bild auf eine, in einer grösseren oder geringeren Entfernung befindliche, weisse Wand geworfen wird. Von der Grösse dieser Entfernung, sowie von der Stärke der Objectivlinsen hängt der Grad der Vergrösserung ab. Bei photographischen Aufnahmen mittelst des Sonnenmikroskops wird entweder an die Stelle der weissen Wand die lichtempfindliche Glasplatte gesetzt, oder es wird das auf der weissen Wand befindliche objective mikroskopische Bild mit einem gewöhnlichen photographischen Apparate meist in einem wieder etwas verkleinerten Maassstab aufgenommen.

Bei dem gewöhnlichen Compositum haben wir einen ebenen, oder Concavspiegel, zur Reflexion des zur photographischen Aufnahme gleichfalls nöthigen Sonnenlichtes, die Objectivlinsen und die Linsen des Oculars. Oberhalb des Oculars muss sich ein dunkler Raum befinden, meist durch einen hölzernen Kasten hergestellt, in dessen oberer, der Ocularlinse

entgegenliegender Wand sich eine matte Glastafel zum Einstellen befindet, an deren Stelle bei der photographischen Aufnahme ein gewöhnlicher photographischer Schieber (Cassette) mit der lichtempfindlichen Glasplatte gebracht werden kann.

Die Stärke der Vergrösserung hängt bei diesem Apparate von mehr Momenten ab, als bei dem Sonnenmikroskop. Einmal von der vergrössernden Kraft der Objectivlinsen, dann von der Entfernung zwischen den Objectivlinsen und der Sammellinse des Oculars, ferner von der Stärke der Ocularlinse und endlich von der Entfernung zwischen Ocularlinse und der matten Glastafel.

Von diesen beiden Apparaten giebt, wie mich vielfache eigene Versuche belehrten, das Sonnenmikroskop ungleich bessere Resultate, obgleich man auch mittelst des Compositums mikroskopische Photographien darstellen kann, welche aber namentlich bei einigermaassen bedeutender Vergrösserung, wie wir sogleich sehen werden, meist an wesentlichen Fehlern leiden.

Die Anwendung des Sonnenmikroskops für photographische Zwecke wird aber dadurch misslich, dass der ganze Apparat ziemlich complicirt und schwer zu handhaben ist. Wenn man auch ein dunkles Zimmer dadurch entbehrlich machen kann, dass man dasselbe durch eine gewöhnliche photographische Kammer, die einen langen Auszug gestattet, ersetzt, so ist damit doch immer der missliche Umstand nicht gehoben, dass man die zu photographirenden Präparate nur in verticaler Richtung einschieben kann, was die photographische Aufnahme flüssiger wie frisch bereiteter Objecte geradezu unmöglich macht. Man könnte diesem Uebelstand allerdings dadurch abhelfen, dass man dem Rohre des Apparates, durch welches das reflectirte Sonnenlicht eindringt, eine rechtwinklige Biegung mit Einfügung eines Prismas gäbe; allein dadurch würde der Apparat eben noch complicirter und in seiner Anwendung schwieriger zu handhaben.

Die Hauptnachtheile des gewöhnlichen Compositums zur Aufnahme mikroskopischer Objecte bestehen einmal in dem grossen Lichtverlust und dann in der ganz aussergewöhnlichen Schwierigkeit, welche die richtige Einstellung des Apparates darbietet. Beide störenden Momente nehmen entsprechend der Stärke der Ocularlinsen zu.

Was den Lichtverlust betrifft, so ist derselbe deshalb viel bedeutender, als bei dem Sonnenmikroskop, weil bei dem Compositum ausser der Lichtabsorption der Objectivlinsen auch noch jene der Ocularlinsen mit in Betracht kommt. Man kann zwar durch Regulirung der Beleuchtung nachhelfen, allein bei einigermaassen hohen Vergrösserungen ist in dieser Beziehung das Compositum immer im Nachtheil gegen das Sonnenmikroskop.

Die Schwierigkeit der richtigen Einstellung eines mikrophotographischen Apparates, dessen optische Grundlage das zusammengesetzte Mikroskop bildet, ist so gross, dass selbst bei ausgezeichneten Mikrometerschrauben und unter Anwendung hochgradiger Verdunkelung und guter Lupen, um das Bild auf der matten Glastafel möglichst scharf fixiren zu können, es nur äusserst selten gelingt, eine nur einigermaassen genaue Einstellung zu erzielen. Aber selbst wenn man einmal so glücklich ist, ein scharf eingestelltes Bild darzustellen, hat man dieses eigentlich mehr dem Zufall, als einem methodischen Vorgehen zu danken. Den Grund, weshalb hier das richtige Einstellen soviel schwieriger ist, als bei dem Sonnenmikroskop, kann ich nicht angeben; vielleicht spielen dabei Differenzen des optischen und chemischen Focus eine Rolle.

Meine Absicht bei der Construction eines brauchbaren Apparates für die photographische Aufnahme mikroskopischer Objecte war zunächst darauf gerichtet, die grössere Handlichkeit eines Apparates, dessen optische Grundlage das gewöhnliche Mikroskop bildet, zu verbinden mit jenen Vortheilen, welche das Sonnenmikroskop bietet. Zunächst lag hier

der Gedanke, das Ocular des Compositums aus der Construction ganz zu entfernen.

Ein Mikroskop ohne Ocular, also ein einfaches Mikroskop, das sein Licht durch einen ebenen Spiegel erhält, in Verbindung mit einer dunklen Kammer gebracht, unterscheidet sich von einem für photographische Zwecke eingerichteten Sonnenmikroskop in der That nur dadurch, dass demselben die Sammellinse fehlt, welche bei dem Sonnenmikroskope zwischen dem Spiegel und den Objectivlinsen angebracht ist und dass seine Axe einer verticalen Linie entspricht, also gerade einem Bedürfniss der mikrophotographischen Praxis entgegenkommt. Ausserdem hat ein solcher Apparat vor dem Sonnenmikroskope noch den Vortheil, dass leicht jedes Mikroskop fast ohne nennenswerthe Kosten in denselben umgewandelt werden kann. Der einzige Nachtheil, den ein derartiger Apparat gegen das Sonnenmikroskop hat, besteht in der etwas geringeren Lichtstärke, da an demselben die Sammellinse fehlt, welche an dem Sonnenmikroskope zwischen dem Planspiegel und den Objectivlinsen angebracht ist. Dieser Apparat, bei dem die Vergrösserung, wie bei dem Sonnenmikroskope, nur von der Stärke der Objectivlinsen und der Entfernung der letzteren von der lichtempfindlichen Platte abhängt, war es, welchen ich, nachdem dessen Lichtstärke durch Veränderung in der Beleuchtung bedeutend erhöht worden war, für vollkommen geeignet zur sicheren Darstellung scharf gezeichneter Mikrophotographien fand. In den Händen eines nur einigermaassen geübten Photographen arbeitet derselbe eben so zuverlässig, als die besten Apparate der gewöhnlichen nicht mikroskopischen Photographie.

Die Beschreibung dieses Apparates gliedert sich naturgemäss in drei Abtheilungen, von welchen sich die erste mit der Art und Weise der Beleuchtung, die zweite mit den Objectivlinsen und dem Rohre des Instrumentes und endlich die dritte mit dem photographischen Aufsatze befasst.

Die Beleuchtung.

Die einfache Beleuchtung mittelst des ebenen Spiegels giebt allerdings schon ganz brauchbare Resultate, allein die Expositionszeit ist verhältnissmässig zu lang, denn die Dauer derselben beträgt bei einigermaassen starker Vergrösserung mindestens eine Minute bei Sonnenlicht. Diese lang dauernde Exposition wirkt aber wegen der durch das Sonnenlicht im Innern des Apparates bedingten hohen Temperatur nachtheilig auf die empfindliche Platte. Ueberhaupt ist in der photographischen Praxis eine sehr lange Dauer der Exposition schon deshalb nicht angezeigt, weil mit derselben die Empfindlichkeit der präparirten Platte abnimmt.

Die Mittel, welche mir zu Gebote standen, um die Lichtstärke des Apparates zu erhöhen, bestanden in der Anwendung des Concavspiegels, oder in der einer Sammellinse, oder in der combinirten Verbindung der letzteren mit dem Concavspiegel. In den beiden ersten Fällen erhielt ich convergirende Strahlen, in dem letzteren dagegen concentrirtes paralleles Licht. Vergleichende Versuche mit diesen drei Verstärkungsmitteln der Lichtintensität führten mich alsbald zu der Ansicht, dass für photographische Zwecke, namentlich wenn es sich um eine möglichst scharfe Contourenzeichnung handelt, wie in der Mikrophotographie, concentrirte parallele Strahlen weitaus die besten Resultate geben. Man kann zwar bei der Erhöhung der Lichtintensität durch einen Concavspiegel, oder eine Sammellinse auch photographiren, erhält sogar, wenn man die Entfernung derselben von dem Objecte so regulirt, dass sie ihrer Brennweite entspricht, ein intensiveres Licht, allein die Zeichnung in der Aufnahme ist nie so fein detaillirt und scharf, als bei Anwendung concentrirter paralleler Strahlen.

Zuerst wandte ich eine planconvexe Linse von gleicher Brennweite mit jener des an dem Mikroskope befindlichen

Concavspiegels an. Die Brennweite des Concavspiegels des Oberhäuser'schen Mikroskops, mit welchem ich alle diese Versuche machte, beträgt 4,5 Centimeter; ich liess mir also eine planconvexe Linse von gleicher Brennweite anfertigen, und befestigte dieselbe in der Axe des Mikroskops genau in der Entfernung der doppelten Brennweite, also 9 Centimeter von dem Concavspiegel entfernt und zwar so, dass ihre ebene Fläche nach oben, ihre convexe dagegen nach unten gegen den Concavspiegel gerichtet war. Dadurch hatte ich vollkommen parallele, aber concentrirte Strahlen gewonnen. Mein weiteres Streben ging nun dahin, die Lichtstärke des Apparates womöglich noch zu erhöhen. Dieses konnte geschehen entweder durch Vermehrung der Concavität des Spiegels, oder durch Anwendung von Beleuchtungslinsen mit kürzerer Brennweite.

Was die Verkürzung des Krümmungsradius des reflectirenden Spiegels betrifft, so belehrten mich alsbald vergleichende Versuche, dass man hierin nicht sehr weit gehen dürfe. Sinkt die Brennweite des Concavspiegels unter 4 Centimeter, so leidet die Schärfe der Contouren des photographischen Bildes. Ich kehrte daher alsbald zu einem Concavspiegel von 4,5 Centimeter Brennweite, wie er sich an dem Oberhäuser'schen Mikroskope findet, zurück und rathe, keinen Concavspiegel unter 4 Centimeter Brennweite anzuwenden. Dagegen bietet die Verkürzung des Krümmungsradius der Beleuchtungslinse ein vortreffliches Mittel zur Erhöhung der Lichtstärke des mikrophotographischen Apparates. In dem Maasse aber, als die Krümmung der Beleuchtungslinse zunimmt, muss dieselbe, wie Fig. 1 zeigt, dem Brennpunkte des Concavspiegels genähert werden, damit die beleuchtenden Strahlen parallele bleiben. Hat man z. B. eine Beleuchtungslinse von nur 1,5 Centimeter Brennweite, bei einem Concavspiegel von 4,5 Centimeter Brennweite, so darf die Entfernung zwischen beiden nicht 9, sondern nur 6 Centimeter betragen, kurz zur

Erzielung concentrirter paralleler Strahlen entspricht die Entfernung zwischen Concavspiegel und Beleuchtungslinse der Summe der Brennweite beider.

Die besten Resultate erhielt ich von Beleuchtungslinsen mit 2,5 Centimeter Brennweite in Verbindung mit einem Concavspiegel von 4,5 Centimeter Brennweite, weshalb ich schliesslich bei dieser Combination stehen blieb. Die Entfernung zwischen Spiegel und Beleuchtungslinse beträgt dabei 7 Centimeter. Diese Anordnung ist auch diejenige, welche jenen Grad der Lichtstärke giebt, auf welche sich alle später zu machenden Angaben über die Dauer der Expositionszeit beziehen.

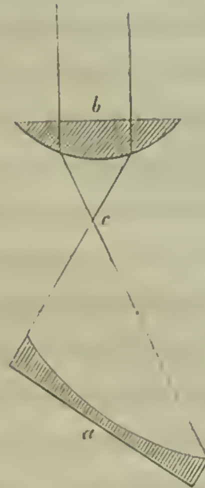


Fig. 1. Schematische Darstellung des Ganges der Lichtstrahlen zur Erzielung concentrirten parallelen Lichtes. *a*) Hohlspiegel. *b*) Planconvexe Linse. *c*) Brennpunkt beider.

An dem grossen Mikroskope von Oberhäuser lässt sich diese planconvexe Beleuchtungslinse ausserordentlich leicht anbringen. Der sehr grosse Tisch dieser Mikroskope hat bekanntlich eine sehr weite centrale Oeffnung, in welcher eine metallene, durch Federkraft festgehaltene Hülse Fig. 2 *p* bewegt werden kann, in deren oberen Theil die verschieden weiten Blendungen eingesetzt werden. Die innere Wand dieser Hülse ist mit einem Schraubengewinde versehen. Lässt man sich nun einen etwa 1 Centimeter hohen metallenen, innen geschwärzten Ring anfertigen, dessen äussere Wand ein Schraubengewinde trägt, das in dem Schraubengewinde der inneren Hülsenfläche sich bewegt, so ist zur richtigen centrirten Stellung der Beleuchtungslinse nur die Befestigung derselben an dem oberen Rande dieses Ringes nöthig. Der Stand der Beleuchtungslinse folgt dann den Bewegungen des Ringes,

der in dem Schraubengewinde der Hülse hoch und nieder gedreht werden kann. Diese Schraubendrehungen werden mittelst eines U förmigen federnden Drahtes bewerkstelligt, dessen beide rechtwinklig ausgebogenen Enden in zwei Löcher, welche sich nahe dem unteren Rande des Ringes befinden, eingesetzt werden. Die Entfernung zwischen Spiegel und Beleuchtungslinse, deren richtiges Maass zur Erzielung concentrirten parallelen Lichtes in der Summe der Brennweite beider gegeben ist, wird übrigens am einfachsten mittelst des Spiegels Fig. 2 *q* regulirt, der an dem grossen Mikroskope von Oberhäuser zwischen den Trägern des Objecttisches Fig. 2 *r* auf- und abgeschoben werden kann.

Für die Beleuchtung des Apparates ist ferner noch von wesentlicher Bedeutung die richtige Anwendung von Blendungen. Jedem einigermaassen geübten Mikroskopiker ist schon der grosse Einfluss bekannt, welchen die Abhaltung der Randstrahlen auf die Deutlichkeit des mikroskopischen Bildes ausübt; können ja manche mikroskopische Einzelnheiten geradezu nur wahrgenommen werden, wenn der Querschnitt des beleuchtenden Strahlenbündels ein minimaler ist. Diese Abhaltung der Randstrahlen wird durch Blendungen bewirkt, welche mit einer grösseren oder geringeren centralen Oeffnung versehen, bei den meisten neueren Mikroskopen in den Tisch des Instrumentes eingesetzt werden. Für die photographische Aufnahme mikroskopischer Objecte gilt im Allgemeinen die Regel, Blendungen mit möglichst feinen centralen Oeffnungen anzuwenden; natürlich ist dieselbe nur für stärkere Vergrösserungen gültig; denn bei schwachen Linsen ist einmal die Abhaltung der Randstrahlen für die Deutlichkeit des Bildes minder wichtig, und dann wächst in ziemlich starkem Verhältnisse mit der Enge der Blendung die Kleinheit des Sehfeldes. Allein bei starken Vergrösserungen gewinnt die photographische Darstellung ausserordentlich an Deutlichkeit und Bestimmtheit durch Anwendung möglichst feiner Blen-

dungen, und es wird dadurch möglich, bisweilen noch Contourlinien zur Anschauung zu bringen, welche ohne dieses Hülfsmittel durchaus nicht darzustellen wären. Allerdings leidet darunter die Lichtstärke des Apparates, da entsprechend dem abnehmenden Lumen der Blendung der Querschnitt des beleuchtenden Strahlenbündels abnimmt. Nach meinen Erfahrungen aber ist für den photographischen Process die Grösse des Querschnitts des Strahlenbündels von weit geringerer Wichtigkeit, als die Energie der Aetherschwingungen jener Strahlen, welche diesen Querschnitt zusammensetzen. Daraus ergiebt sich für die mikroskopische Photographie der Grundsatz, bei starken Vergrösserungen neben dem höchsten Grade der Lichtintensität, welcher bei directem Sonnenlichte durch Concavspiegel und Beleuchtungslinse zu erzielen ist, Blendungen mit feinsten centralen Oeffnungen zu gebrauchen. Von den dem grossen Mikroskope von Oberhäuser beigegebenen Blendungen genügt selbst die feinste, deren centrale Oeffnung einen Durchmesser von 0,7 Millimeter hat, nicht, und ich habe mir deshalb noch feinere anfertigen lassen, von welchen die eine 0,6, die andere 0,4 Millimeter Durchmesser besitzt. Je nach der Beschaffenheit der Objecte gebrauche ich die eine oder die andere.

Die Objectivlinsen und das Rohr.

Der wichtigste Umstand, auf welchen man bei den Objectivlinsen zu achten hat, ist die sorgfältigste Reinhaltung derselben. Die Gegenwart eines minimalen Staubtheilchens, namentlich wenn dasselbe auf der oberen Linse haftet, wird zur Ursache eines verschwommenen, mehr oder minder bemerkbaren Fleckens auf dem aufzunehmenden Negativ. Ich habe es mir daher zur Regel gemacht, die mikrophotographischen Aufnahmen stets mit der sorgfältigsten Reinigung der Linsen zu beginnen. Aber selbst bei der scrupulösesten Rei-

nigung der Objectivlinsen gelingt es nicht, das Sehfeld vollkommen rein von verschwimmenden, allerdings nur sehr schwachen Flecken zu erhalten, welche sich vielleicht am besten mit dem Anblicke nicht sehr scharf eingestellter Oeltropfen vergleichen lassen. Dieselben sind schon bei dem Einstellen sichtbar und wechseln in dem Sehfelde beim Verrücken des Spiegels den Ort, wodurch man ein Mittel in der Hand hat, sie möglichst aus dem Sehfelde zu eliminiren. Man sollte demnach zunächst glauben, die genannten Flecken rührten von Verunreinigung des Spiegels her. Dieses ist aber durchaus nicht der Fall, was ein ganz einfacher Versuch darthut. Bewegt man nämlich die Objectivlinsen an ihrer Anschraubungsstelle im Kreise, so machen diese Flecken die kreisförmige Bewegung mit. Ich habe mir sehr grosse Mühe gegeben, zu ermitteln, wodurch die Objectivlinsen Veranlassung zu diesen Flecken geben, und dachte natürlich immer an äusserlich anhaftende Schmutztheile; allein da auch nach der sorgfältigsten Reinigung, welche sowohl ich wie ein gewandter Optiker vornahm, und nach der genauesten Prüfung der Linsen durch Lupen auf Schmutz diese Flecken doch nicht verschwanden, so musste ich die Ursache derselben in der Substanz der Linsen selbst suchen. Wahrscheinlich sind es feinste Verunreinigungen des die Flint- und Kronglaslinse verbindenden Balsams, welche man zwar selbst mit dem bewaffneten Auge nicht entdecken kann, die aber den durch die Linsen stark gebrochenen Strahlen ein partielles Hinderniss beim Durchgang setzen. Mit der Entfernung der empfindlichen Glasplatte von den Objectivlinsen wächst natürlich der Durchmesser jedes dieser Flecken. Bei schwachen Vergrösserungen, wobei wegen geringerer Krümmung der Linsen die brechende Kraft eine geringere und der Abstand der letzteren von der empfindlichen Glasplatte ein kürzerer ist, sind diese Flecke weniger merklich.

Bei der gewöhnlichen mikroskopischen Untersuchung un-

ter Zuhülfenahme des Oculars ist von diesen Flecken durchaus nichts in dem Sehfelde zu bemerken; die hier bisweilen vorkommenden Flecken rühren fast ausschliesslich von Verunreinigung der Ocularlinsen her. Allein wenn man bei der gewöhnlichen mikroskopischen Untersuchung mittelst des Compositums reflectirtes Sonnenlicht anwendet, so erscheinen auch diese von den Objectivlinsen herrührenden Flecken in dem Sehfelde. Bei meinen bisherigen mikrophotographischen Versuchen habe ich nur mit Objectivlinsen von Schiek und Oberhäuser gearbeitet und beide gleich gut, aber auch beide in gleicher Weise mit dem genannten Fehler behaftet gefunden. Es wird daher bei der Construction von mikrophotographischen Apparaten ein Hauptaugenmerk der praktischen Optiker sein müssen, diesen Fehler bei der Zusammensetzung der Objectivlinsen möglichst zu vermeiden.

An dem metallenen Rohre Fig. 2 *n*, an dessen unterem Ende die Objectivlinsen angeschraubt sind, kommen für die mikroskopische Photographie hauptsächlich die Innenseite und die solide Verbindung des Rohres mit dem Objectivtisch in Betracht.

Die Innenseite muss durchaus gut geschwärzt sein; selbst nur ein kleiner nicht geschwärzter Punkt, der Metallglanz zeigt, giebt bei dem intensiven Lichte, welches in der Mikrophotographie nöthig ist, Veranlassung zu störenden Reflexen, die in dem Sehfeld unter der Form von Linien, oder zu Kreuzen verbundenen Linien zum Vorschein kommen. Namentlich finden sich solche reflectirende Stellen an dem oberen Ende des Rohres, an welchem in Folge öfteren Wechselns mit den Ocularen der schwarze Ueberzug der inneren Rohrfläche leicht Schaden leidet. Bei vielen Mikroskopen, wie bei jenen von Oberhäuser und Schiek, kann man das obere Ende des Rohres abschrauben. Ist dieses möglich, so thut man am besten, das Ocularende des Rohres ganz aus dem Apparate zu entfernen.

Was die Befestigung des Rohres betrifft, so muss dieselbe solider und genauer sein, als dieses gewöhnlich bei den Mikroskopen der Fall ist, und zwar aus dem Grunde, weil das Rohr ausser seiner eigenen Schwere noch durch den photographischen Aufsatz, der allein auf ihm lastet, veranlasst wird, sich zu senken, wobei natürlich die richtige Einstellung, eine der wesentlichsten Bedingungen für das Gelingen der mikroskopischen Photographie leidet. Bei dem Mikroskope von Oberhäuser und den meisten Instrumenten anderer Optiker wird bekanntlich das Rohr in einer federnden Hülse Fig. 2 *m* auf- und abgeschoben, und dadurch die grobe Einstellung bewirkt, während die feine durch eine Mikrometerschraube geleitet wird. Durch die Schwere des photographischen Aufsatzes findet hier immer eine leichte, sehr allmählich vor sich gehende Senkung des Rohres statt. Diese wird aber vollkommen dadurch vermieden, dass man in der Mitte der Hülse, in welcher das Rohr bewegt wird, einen offenen.

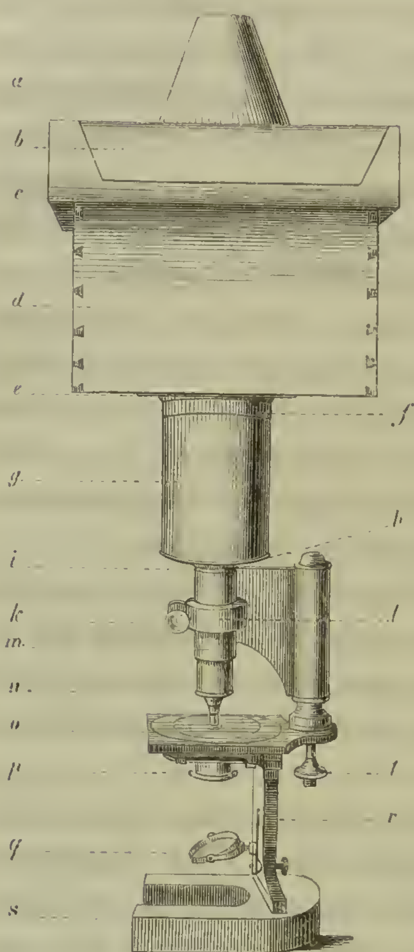


Fig. 2. Mikrophotographischer Apparat. $^1/_6$ der wirklichen Grösse. *a*) Hohlkegel zum Aufsetzen auf die Visirscheibe. *b*) Visirscheibe. *c*) Vorsprung an dem oberen Theile des Kastens. *d*) Kasten. *e*) Metallring an der unteren Wand des Kastens. *f*) Metallring an dem oberen Ende des Holzrohres. *g*) Holzrohr. *h*) Metallplatte an dem unteren Ende des Holzrohres. *i*) Ring an dem oberen Ende des Metallrohres. *k*) Schraube des Metallringes. *l*) Metallring zur Verengerung der federnden Hülse. *m*) Federnde Hülse, in welcher das Metallrohr auf- und abgeschoben wird. *n*) Metallrohr und Linsen. *o*) Objectivtisch. *p*) Metallhülse, in welche oben die Blendung, unten die Beleuchtungslinse eingesetzt ist. *q*) Hohlspiegel. *r*) Träger des Objecttisches. *s*) Hufeisenstativ. *t*) Mikrometerschraube.

etwa 1 Centimeter breiten Metallring Fig. 2 *l* anbringt, dessen beide vorn offene Enden durch eine Schraube Fig. 2 *k* genähert werden können. Hat man dem Apparate durch Verschiebung des Rohres in der Hülse die sogenannte grobe Einstellung gegeben, so verengert man den Ring und damit auch die Hülse durch Drehung an der Schraube *k*. Hierdurch wird die Befestigung des Rohres in der Hülse so solid, dass das Gewicht des photographischen Aufsatzes durchaus nicht mehr störend auf die Einstellung des Apparates wirken kann. Will man sich diesen Ring nicht anbringen lassen, so kann man die Reibung zwischen Hülse und Rohr dadurch, dass man letzteres mit zartem Fliesspapier umwickelt, so steigern, dass das Rohr dem Drucke des photographischen Aufsatzes nicht leicht nachgiebt, und daher die Einstellung gleichfalls nicht weiter beeinträchtigt wird. Schwieriger ist die genaue Feststellung des Rohres bei den grösseren Instrumenten von Schick, an welchen die grobe Einstellung durch eine Schraube bewerkstelligt wird. Hier hilft nur ein möglichst strenges Anziehen der kleinen Schrauben, durch welche die an ihrer Innenfläche mit einem Schraubengewinde versehene Hülse an den dreikantigen vertical stehenden Haltstab des Stativs befestigt ist.

Bei allen Mikroskopen, welche Auszüge zur Verlängerung des Rohres besitzen, thut man gut, das obere Ansatzrohr ganz abzuschrauben. Man erreicht dabei mehrere Vortheile. Einmal wird dadurch die Möglichkeit des Einsinkens des Auszugrohres in Folge des Druckes des photographischen Aufsatzes vermieden, ferner wird damit der Oculartheil des Rohres, welcher, wie erwähnt, häufig an der Innenseite nicht vollkommen geschwärzt ist, aus dem Apparate entfernt, und endlich wird dadurch ein grösseres Sehfeld gewonnen, indem, wenigstens bei den Mikroskopen von Oberhäuser, das verhältnissmässig geringe Lumen, welches der Auszugstheil des

Rohres hat, bei schwachen Vergrösserungen die Ausdehnung des Sehfeldes sehr beschränkt.

An dem oberen Ende des Rohres, welches nach Entfernung des Auszuges an dem Mikroskope von Oberhäuser nur 15,5 Centimeter lang ist, wird der Ring Fig. 2 *i* angebracht, welcher den photographischen Aufsatz trägt. Früher gebrauchte ich hierzu einen ziemlich breiten Ring aus Holz, der genau dem Rohre in seiner Weite angepasst war, so dass man denselben durch Zug entfernen konnte. Diese Befestigungsweise des photographischen Aufsatzes hatte jedoch nicht die nöthige Solidität, und ich vertauschte daher bald den Ring von Holz mit einem von Metall, welcher an dem oberen Ende des Rohres fest angelöthet wird und aussen ein Schraubengewinde trägt. Derselbe hat eine Breite von 5 Millimeter und eine Höhe von 1 Centimeter. Die Höhe des Schraubengewindes, welches 4 Millimeter dem Rohre des Mikroskopes näher liegt, als die Breite des Ringes beträgt, misst 8 Millimeter. Dadurch, dass der Ring unterhalb des Auszugs angebracht ist und die erwähnten geringen Dimensionen besitzt, wird derselbe durchaus nicht störend, wenn man das Instrument nicht als mikrophotographischen Apparat, sondern zu dem gewöhnlichen Gebrauche benutzen will.

Der photographische Aufsatz.

Der photographische Aufsatz besteht aus einem hölzernen Rohre Fig. 2 *g* und einem viereckigen, gleichfalls aus Holz construirten Kasten Fig. 2 *d*, der an seinem oberen Ende mit einer Vorrichtung versehen ist, welche gestattet, die lichtempfindliche Platte ohne Zutritt von Tageslicht einzusetzen.

Der Durchmesser der von mir gebrauchten Rohre beträgt 72 und ihr Lumen 64 Millimeter. Von der Länge des Rohres hängt natürlich mit die Vergrösserung ab, weshalb man mehrere Rohre von verschiedener Länge haben muss. Ich besitze

deren zwei, von denen das eine 11, das andere 26 Centimeter lang ist. An dem unteren Ende des Rohres befindet sich ein nach innen gerichteter hölzerner Vorsprung, welcher in der Mitte ein rundes Loch besitzt, dessen Durchmesser 3 Millimeter grösser, als jener des Metallrohres des Mikroskops ist. Dieser Vorsprung ist mit einer 1 Millimeter starken messingenen Platte Fig. 2 *h* belegt, welche durch drei Schräubchen befestigt ist und die ein dem hölzernen Vorsprunge entsprechendes Loch besitzt. An der Peripherie dieser centralen Oeffnung erhebt sich von der Messingplatte aus ein 1 Millimeter breiter und 8 Millimeter hoher metallener Fortsatz, der nach oben sieht, und an seiner inneren Seite einen Schraubengang besitzt, welcher mit dem Schraubengewinde des an dem oberen Ende des Mikroskopenrohres angebrachten Metallringes correspondirt. Dadurch kann das hölzerne Rohr des photographischen Aufsatzes an das Metallrohr des Mikroskopes angeschraubt werden und ruht zugleich auf dem vorspringenden Theile des Metallringes, der an das letztere Rohr angelöthet ist. Auch das obere Ende des Holzrohres ist von einem Metallringe Fig. 2 *f* umgeben, der 2 Centimeter hoch, in seiner oberen Hälfte aussen ein Schraubengewinde zur Verbindung mit dem Kasten des Apparates trägt. Das Rohr ist von Ahornholz, aussen polirt und innen geschwärzt.

Der gleichfalls aus Holz bestehende Kasten Fig. 2 *d* ist 140 Millimeter hoch, 175 Millimeter breit und 185 Millimeter lang. Die untere Wand desselben besitzt ein centrirtes Loch von 76 Millimeter Durchmesser, in welches ein Metallring Fig. 2 *e* eingefügt ist, der an seiner inneren Fläche einen Schraubengang hat. In denselben wird das obere Ende des Holzrohres eingeschraubt. Die Dicke der Bretchen, aus welchen der Kasten zusammengesetzt ist, beträgt 8 Millimeter. An seinem oberen Ende hat der Kasten einen Vorsprung Fig. 2 *c* mit 20 Millimeter dicken Wänden, welche aber gegen das obere Ende zu dünner werden. Dadurch bilden dieselben

eine conische Vertiefung, in welche sowohl die sogenannte Visirscheibe, wie der Holzrahmen, in welchem vor Licht geschützt sich die empfindliche Glasplatte befindet, die Cassette eingesetzt werden kann.

Die Visirscheibe Fig. 2 *b* besteht aus einem Holzrahmen, welcher durch zwei metallene Charniergelenke an die eine Wand des Kastens befestigt ist. Derselbe kann demnach auf- und zugeklappt werden; ersteres geschieht bei dem Einsetzen der Cassette, letzteres bei dem Einstellen. Dieser Holzrahmen ist bei den gewöhnlichen photographischen Apparaten von einer mattgeschliffenen Glastafel ausgefüllt, auf welcher das aufzunehmende Bild verkehrt erscheint. An unserem Apparate habe ich die matte Glastafel durch französisches durchscheinendes Paus- oder Pflanzenpapier ersetzt, was mir vortheilhafter schien, als die matte Glastafel. Man schneidet sich von diesem Papier ein Stück von passender Grösse, befeuchtet es leicht mit einem nassen Schwamme, bestreicht es an den Rändern mit dicklichem Leim und klebt es alsdann auf den Rand des Holzrahmens fest. Die dabei entstehenden Falten lassen sich nicht vollkommen entfernen, schwinden aber beim Trocknen des Papiers alsbald. Hat man dem Apparate die richtige Beleuchtung gegeben, so erscheint auf dem durchscheinenden Papiere das Bild des aufzunehmenden Objects, welchem man dann durch Anwendung der Mikrometerschraube Fig. 2 *t* den möglichsten Grad von Schärfe geben, d. h. richtig einstellen muss. Natürlich ist auch hier das Bild ein verkehrtes.

Den Holzrahmen, in welchem gegen das Licht vollkommen geschützt die präparirte Glasplatte in den Kasten eingeführt wird, nennt man Schieber, oder noch gewöhnlicher Cassette. Bei derselben ist vor Allem darauf zu sehen, dass die präparirte Seite der lichtempfindlichen Glasplatte genau in dieselbe Stelle des Raumes zu liegen kommt, in welcher bei der Einstellung das durchscheinende Papier der Visirscheibe sich befand. Die hintere Wand der Cassette bildet ein durch Char-

niergelenke mit dem Holzrahmen in Verbindung stehender Deckel Fig. 3 *a*, der zum Einbringen der Glasplatte aufgeklappt und dann durch eine Klammer geschlossen erhalten wird (vgl. Fig. 6 *n*). Die vordere Wand besteht aus dem eigentlichen Schieber Fig. 3 *b*, welcher zum Oeffnen der Cassette während der Lichtexposition aufgezogen wird, sonst aber immer geschlossen erhalten bleibt. Zwischen Deckel und Schieber befindet sich die Glasplatte mit der präparirten Seite gegen den Schieber gewandt und auf vier an den Ecken des Rahmens angebrachten Vorsprüngen ruhend Fig. 6 *n*. Die wesentliche Eigenschaft einer guten Cassette ist, dass die darin befindliche Glasplatte, sowohl ausser als während der Expositionszeit vollkommen gegen Lichtzutritt geschützt ist.

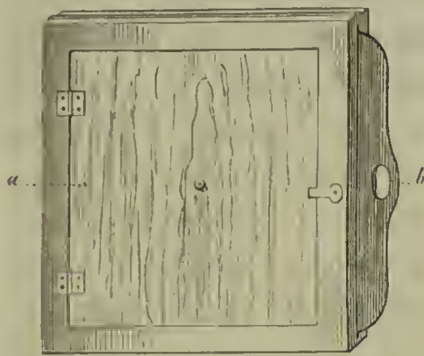


Fig. 3. Cassette von hinten dargestellt, $1/6$ der wirklichen Grösse. *a*) Deckel zum Auf- und Zuklappen. *b*) Auszug zum Oeffnen und Schliessen der Cassette.

Kasten und Cassette lässt man sich am besten aus Nussbaum- oder Mahagoniholz anfertigen, da diese Holzarten weniger Veränderungen durch den Temperaturwechsel ausgesetzt sind. Innen müssen dieselben natürlich geschwärzt sein.

Kleinere Nebenapparate.

Ist das Mikroskop so zu einem mikrophotographischen Apparate umgewandelt, so sind bei der Handhabung desselben nur noch einige Nebenvorrichtungen zu berücksichtigen. Dahin gehören die Klappe, durch welche der Lichtzutritt zu dem Apparate geregelt wird und die Hülfsmittel zur Verdunkelung der Visirscheibe während der Einstellung.

Die Klappe entspricht jener Messingkapsel der gewöhnlichen photographischen Apparate, durch welche während der

Aufnahme das Objectiv geöffnet und geschlossen wird. Da an den Linsen des Mikroskops das Anbringen einer solchen Kapsel unthunlich ist, so habe ich dasselbe durch ein kleines Stativ ersetzt. Auf einem soliden Brettchen erhebt sich ein 120—150 Mm. hoher Metallstab in verticaler Richtung; von demselben geht ein horizontal verlaufender 60—70 Mm. langer Stab ab, der vermittelst einer Schraube an dem verticalen höher oder niederer gestellt werden kann.

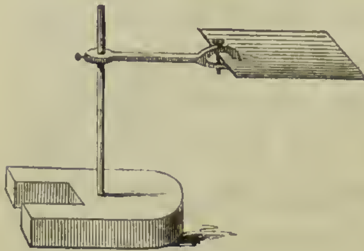


Fig. 4. Stativ mit Klappe zur Verhinderung des Lichtzutritts; 1/6 der wirklichen Grösse.

Der horizontale Stab trägt an seinem vorderen freien Ende eine Klemmschraube, an welcher in horizontaler Richtung ein 60 Mm. langes und 45 Mm. breites schwarzes Brettchen oder mit schwarzem Tuch überzogenes Blechstückchen befestigt ist. Hat man richtig eingestellt, so giebt man dem Stativ die Richtung, dass das schwarze Brettchen zwischen den Spiegel und die Beleuchtungslinse zu stehen kommt, wodurch, da nur reflectirtes Licht in den Apparat tritt, der Lichtzutritt abgesperrt wird. Ist die präparirte Glasplatte an Ort und Stelle und der Schieber aufgezogen, so entfernt man durch eine leichte Handbewegung an dem Stativ das Brettchen und lässt das Licht die nöthige Zeit einwirken; dann wird das Brettchen wieder vorgeschoben und hierauf erst der Schieber der Cassette geschlossen. Durch diese Vorrichtung hat man die Expositionszeit fast noch mehr in der Hand, als bei dem gewöhnlichen photographischen Apparat.

Zur Verdunkelung der Visirscheibe während des Einstellens dient einmal das bekannte schwarze Tuch der Photographen, mit welchem der Kopf des Einstellenden und der Kasten verhängt wird. Dasselbe besteht am besten aus einem möglichst dichten Baumwollensammet, der beiläufig 1 Meter lang und 80 Ctm. breit ist. Jedoch genügt dieses Tuch nicht zu der hier so nöthigen absolut scharfen Einstellung, sondern

es ist noch ein auf die Visirscheibe zu setzender abgestumpfter Hohlkegel Fig. 2 *a* nothwendig, welcher alles Seitenlicht abhält. Ich habe denselben aus Buchenholz anfertigen lassen, mit nur 1 Mm. dicken Wandungen. Der Durchmesser der Basis des Hohlkegels, welche auf die Visirscheibe aufgesetzt wird, beträgt an dem meinigen 94 Mm. Die Höhe desselben hängt von der Brennweite der in seinem Innern befestigten vergrössernden Linse ab. Die Entfernung dieser Linse von der Visirscheibe muss genau ihrer Focaldistanz entsprechen. Die Innenwand des Hohlkegels ist natürlich geschwärzt. Durch denselben wird nicht nur Seitenlicht abgehalten, sondern die vergrössernde Wirkung der darin befindlichen Sammellinse erlaubt auch eine genauere Beobachtung des Bildes auf der Visirscheibe und macht dadurch eine vollkommen scharfe Einstellung möglich.

Apparat für geringe Vergrösserungen.

Nicht selten ist es wünschenswerth, Aufnahmen bei sehr geringen, zwei bis zehnmaligen Vergrösserungen zu machen, einmal wenn man die Absicht hat, nur mässige Grade der Vergrösserung auf photographischem Wege, d. h. durch Wiederaufnahme der Negative zu erzielen, oder wenn der darzustellende Gegenstand der Art ist, dass derselbe entweder ganz oder doch in grösserer Ausdehnung bildlich gegeben werden soll, z. B. Durchschnitte ganzer Organe, des Rückenmarkes, des Auges Taf. IV. Fig. 2. Auch kommt hier besonders die Entwicklungsgeschichte in Betracht, die bei der Schwierigkeit, das massenhafte Detail durch Zeichnung darzustellen, ein äusserst dankbares Feld für die Photographie geben dürfte. Für diese Zwecke sind auch die schwächsten Linsen unserer Mikroskope nicht geeignet, indem sie nur ein zu wenig ausgedehntes Sehfeld zulassen, in welchem der

Gegenstand nicht als Ganzes Platz findet. Um Aufnahmen bei so geringen Vergrösserungen möglich zu machen, habe ich einen Apparat construirt, welcher im Princip mit dem früher beschriebenen zwar vollkommen übereinstimmt, aber doch so viele Abweichungen im Einzelnen hat, dass eine Beschreibung derselben nothwendig erscheint.

Die optische Grundlage, also die vergrössernden Linsen dieses Apparates, bilden gewöhnliche photographische Doppelobjective von geringem Durchmesser und kurzer Brennweite. An dem meinigen habe ich ein Objectiv von 19 Linien Breite und 11 Ctm. Brennweite von E. Busch in Rathenow. Ein derartiges Objectiv, dasselbe, welches von den Photographen meist zur Aufnahme der sogenannten Visitenkartenportraits verwandt wird, kostet 12 Thaler; doch glaube ich, dass man mit grösserem Vortheil noch kleinere Objective mit kürzerer Brennweite, sogenannte Objective für Medaillons in dem Preise von 7 bis 8 Thaler, gebrauchen kann. Dieses Objectiv Fig. 5 *d* ist an dem unteren Ende eines viereckigen, 17 Ctm. breiten Kastens Fig. 5 *b* befestigt, welcher dem Rohre und dem photographischen Aufsatz des früheren Apparates entspricht. Von der Länge desselben hängt daher die Stärke der Vergrösserung ab. Bei meinem Objectiv von 11 Ctm. Brennweite ist für doppelte Vergrösserung ein Rohr von 34,5 Ctm. Länge, für dreifache Vergrösserung eine Rohrlänge von 45 Ctm. und für vierfache Vergrösse-

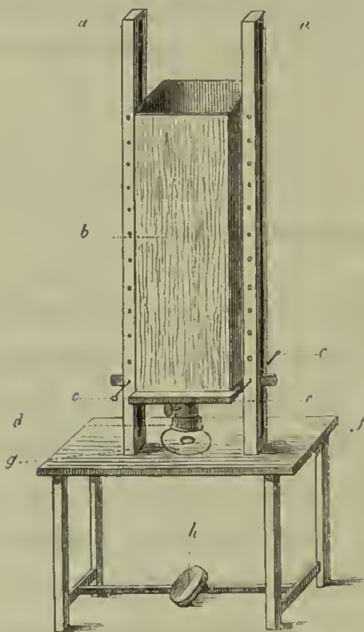


Fig. 5. Apparat für geringe Vergrösserungen. $^1/_{19}$ der wirklichen Grösse *aa*) Verticale Stäbe. *b*) Viereckiges Holzrohr. *cc*) Holznägel zur Fixirung. *d*) Objectiv. *e*) Brett zur Befestigung des Objectivs und Holzrohrs. *f*) Objectivtischchen. *g*) Centrische Oeffnung des Tischchens. *h*) Beleuchtungsspiegel.

rung eine Rohrlänge von 56 Ctm. nothwendig. Das Rohr wird auf ein viereckiges 3 Ctm. dickes Brett mit centraler Oeffnung Fig. 5 *e* aufgesetzt, welches an seiner oberen Fläche zum lichtdichten Einsatz des Rohres einen quadratischen, dem Rohr entsprechenden Falz besitzt, in den das untere Ende des Rohres eingefügt wird. An die untere Fläche dieses Brettes wird das Objectiv angeschraubt. Rechts und links besitzt dieses Brett zwei leistenartige Fortsätze, welche in den beiden vertical stehenden Stäben Fig. 5 *aa*, die in ihrem mittleren Theile der ganzen Länge nach durchbrochen sind, auf- und abbewegt werden können. Durch diese Vorrichtung kann natürlich das Brett und damit das an demselben befestigte Rohr sowohl, wie das Objectiv auf- und niedergesenkt werden. Zur Fixirung dienen Holznägel Fig. 5 *cc*, welche durch die leistenartigen Fortsätze des Brettes, sowie durch die in gewissen Abständen vorhandenen Löcher der verticalen Stäbe gestossen werden. Wir haben demnach hier an dem Apparate eine Vorrichtung, welche der sogenannten groben Einstellung unserer gewöhnlichen Mikroskope entspricht. Die feine Einstellung geschieht durch die Metallschraube des Objectivs, welche hier die Mikrometerschraube unserer Mikroskope ersetzt. Die verticalen Stäbe sind an einem oblongen Tischchen Fig. 5 *f* befestigt, welches in seiner Mitte eine runde Oeffnung von 5 Ctm. Durchmesser Fig. 5 *g* besitzt. Dieses Tischchen ruht auf vier Füssen, von welchen je zwei, nämlich der vordere und hintere jeder Seite, durch ein Querbälkchen verbunden sind. Zwischen diesen beiden Querbälkchen ist ein Horizontalstäbchen drehbar befestigt, welches in seiner Mitte einen planen runden Spiegel von 10 Ctm. Durchmesser Fig. 5 *h* trägt. Auf die Centralöffnung des Tischchens wird das aufzunehmende Object gelegt und durch das von dem Spiegel kommende Licht beleuchtet. Die Einstellung geschieht bei verhülltem Kopfe auf einer Visirscheibe, welche in das obere Ende des Holzrohres eingesetzt wird, vermit-

telst Hebens und Senkens des das Holzrohr tragenden Brettes unter gleichzeitiger Benützung der Metallschraube des Objectivs. Bei der definitiven Aufnahme wird die Visirscheibe durch die die lichtempfindliche Glasplatte einschliessende Cassette ersetzt, ganz in derselben Weise, wie bei der Handhabung des oben beschriebenen für starke Vergrösserungen bestimmten Apparates.

Die Vorrichtung zur Abhaltung der Randstrahlen, welche auch hier nothwendig ist, habe ich in das Innere des Holzrohrs gelegt, da sich dieselbe an der Centralöffnung des Objecttisches nicht gut anbringen liess, welche ziemlich weit bleiben muss, indem es sich hier in der Regel um Aufnahmen ziemlich grosser Objecte handelt. In einer Entfernung von 14 Ctm. von dem unteren Ende des Holzrohres, also entsprechend der Brennweite des Objectivs, liess ich an der inneren Seite zwei geschwärzte Leistchen anbringen, auf welche die Blendungen aufgelagert werden konnten. Diese bestehen aus dünnem, schwarzem Eisenblech, sind auch viereckig und entsprechen genau in ihrer Grösse dem Lumen des Holzrohres, in welches sie auf die Leistchen zu liegen kommen. Centrisch sind diese Platten durchbohrt und besitzen Oeffnungen von zwei, vier, sechs und acht Millimeter. Je kleiner die Centralöffnung, um so grösser ist der Lichtverlust, um so schärfer wird aber auch die Zeichnung. Von Metall müssen diese Blendungen desshalb sein, weil ihre Entfernung von dem Objectiv der Brennweite des letzteren entspricht und daher die Ränder der Centralöffnung der Blendung bei der Anwendung von reflectirtem Sonnenlicht einem ziemlich hohen Temperaturgrad ausgesetzt sind.

Sieht man von dem Werthe des Doppelobjectivs, welches übrigens auch durch eine viel billigere einfache achromatische Linse von 10 bis 12 Linien Breite und entsprechen-

der Fassung mit Vortheil zu ersetzen sein dürfte, ab, so kommt ein solcher Apparat höchstens auf 5 bis 6 Thaler zu stehen. Eine besondere Cassette ist für denselben durchaus nicht nöthig; es genügt vollkommen die bei dem ersten Apparat angegebene, da die Grösse der Glasplatten in beiden Apparaten die gleiche ist.

Die photographische Technik.

Die photographische Technik hat in den letzten Jahren durch Vervollkommnung der Collodionmethode eine solche Sicherheit erlangt, dass Jeder, der nur einige Handfertigkeit besitzt, sich dieselbe auch ohne weitere Kenntnisse in der Chemie leicht aneignen, d. h. eine mehr oder weniger gute photographische Aufnahme machen kann. Dieselbe besteht im Wesentlichen darin, dass eine wohl gereinigte Glasplatte mit dem Iod- und Bromsalze enthaltenden Collodion übergossen und hierauf in eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd in das sogenannte Silberbad getaucht wird, wodurch sich auf der Glasplatte eine dünne Iod-Bromsilberschichte bildet, welche derselben die Empfindlichkeit gegen das Licht verleiht. Die so präparirte Glasplatte wird nun in dem Apparate dem Lichte ausgesetzt und hierauf ins Dunkle zurückgebracht, wo noch keine Spur eines Bildes auf derselben zu sehen ist. Das bis jetzt noch latente Bild erscheint erst nach dem Aufguss von stark das Iodsilber reducirenden Flüssigkeiten, wozu man jetzt allgemein eine Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul anwendet, welche daher die Hervorrufungsflüssigkeit genannt wird. Durch eine weitere Behandlung mit einer concentrirten Lösung von unterschwefeligsaurem Natron wird alles auf der Glasplatte sich befindliche nicht reducirte Iodsilber aufgelöst, das reducirte aber bleibt als unlöslich zurück und stellt das photographische Bild dar, auf welches das Licht keinen weiteren Einfluss auszuüben vermag; desshalb wird das Bild jetzt

fixirt genannt. Hält man das fixirte Bild gegen das Licht, so erscheinen alle früher hellen Stellen, wie z. B. das ganze Sehfeld, dunkel, die dunkeln dagegen hell. Die Reduction des Silbers erfolgt nämlich nur an jenen Stellen, an welchen das Licht zutreten kann; in dem Maasse, als dieses durch das Object verhindert wird, ist die Silberreduction geringer, wodurch eben die Zeichnung erst in das Bild kommt. Da die Verhältnisse von Licht und Dunkel gerade die umgekehrten von den realen sind, so nennt man ein solches Bild ein negatives. Zu einem positiven, d. h. zu einem solchen, bei welchem Licht und Dunkel entsprechend dem Objecte auftreten, wird es entweder durch Uebertragung auf lichtempfindliches Papier vermittelst des sogenannten Copirprocesses, oder dadurch, dass man dem auf Glas aufgenommenen Negativ eine tief schwarze Unterlage giebt, wodurch alle früheren Lichter tiefschwarz erscheinen, während dagegen diejenigen Stellen, auf welchen Silberreduction statt fand, sich jetzt als Lichter ausnehmen. Diese sogenannten Glaspositivs haben für die mikroskopische Photographie jedoch weniger Werth und ich werde daher die Darstellung derselben, welche von jener der Negativen etwas abweicht, schliesslich nur kurz berühren.

Ehe ich zu der speciellen Beschreibung der eigentlichen photographischen Technik übergehe, muss ich zuerst von den beiden physikalischen Agentien sprechen, welche die Grundbedingung jeder photographischen Aufnahme sind, nämlich von der Temperatur und von dem Lichte.

Von der Temperatur.

Wie jeder chemische Process, so ist auch der photographische in hohem Grade abhängig von der Temperatur. Bei niederer Temperatur geht derselbe langsam, bei hoher sehr rasch vor sich. Am besten eignet sich für denselben eine Temperatur von 14 bis 18° R. Diese Temperatur soll das Dunkel-

zimmer haben, während die Temperatur jener Localität, in welcher die Einwirkung des Lichtes auf die präparirte Glasplatte vor sich geht, von nur geringerem Belange ist. Man sollte nie in einem Dunkelzimmer arbeiten, in welchem die Temperatur unter 10° R. gesunken ist; denn abgesehen davon, dass die verschiedenen Acte, die Befeuchtung der Platte in dem Silberbad, die Hervorrufung eine viel längere Zeit erfordern, wird es namentlich bei niederer Temperatur sehr schwer, die Fleckenbildung durch die hervorrufende Flüssigkeit zu vermeiden. Bei zu hoher Temperatur hat man den photographischen Process weniger sicher in der Hand, da die Wirkungen zu rasch eintreten, um sie genau überwachen zu können. Im Allgemeinen gilt für die Temperaturverhältnisse die praktische Regel, dass die Lösungen, namentlich die hervorrufenden, um so concentrirter sein müssen, je niedriger die Temperatur ist. Die Concentration der Flüssigkeiten, wie ich sie später angeben werde, ist passend für eine Temperatur zwischen 12 bis 20° R

Von dem Lichte.

Rücksichtlich des Lichtes sind bei der mikroskopischen Photographie vor Allem folgende beide Sätze der elementaren Optik zu berücksichtigen:

1) In dem Grade, als die vergrössernde Kraft der Objectivlinsen steigt, wächst die Absorption des Lichtes und sinkt daher dessen Intensität.

2) Mit der Entfernung der empfindlichen Glasplatte von den Objectivlinsen nimmt die Intensität des Lichtes in quadratischem Verhältniss ab.

An dem beschriebenen mikrophotographischen Apparate hängt aber die Stärke der Vergrösserung gerade von den beiden Momenten ab, welche, wie wir sehen, die Intensität des Lichtes herabsetzen. Hieraus ergiebt sich der allgemeine Satz,

dass mit der Steigerung der Vergrösserung die Lichtintensität und somit die Wirkung des Lichtes auf die empfindliche Glasplatte in einem sehr rasch zunehmenden Verhältnisse sinkt. Dieses ist der Grund, wesshalb ungeachtet der an dem Apparate angebrachten Vorrichtung zur Steigerung der Lichtintensität das gewöhnlich zerstreute Licht nur für die Aufnahmen bei geringeren Vergrösserungen genügt, während bei starken Vergrösserungen directes Sonnenlicht nothwendig wird. Im Anfang glaubt man gewöhnlich bei mikroskopischen Aufnahmen eine geringere Lichtintensität dadurch compensiren zu können, dass man die Expositionszeit verlängert. Dieses ist jedoch nur innerhalb sehr enger Grenzen möglich; denn die Erfahrung lehrt, dass kein Bild gewinnt, im Gegentheil in der Zeichnung bedeutend leidet, wenn die Expositionszeit die Dauer einer Minute überschreitet.

Im Allgemeinen kann man sich rücksichtlich der Lichtintensität, bei welcher noch eine mikrophotographische Aufnahme möglich ist, an die Regel halten, dass in allen Fällen, in welchen die Lichtintensität noch eine scharfe Einstellung des Objects auf der Visirscheibe zulässt, dieselbe auch für das Zustandekommen einer photographischen Aufnahme bei längerer Dauer der Exposition genügt.

Zur genauen Bestimmung der für das Gelingen photographischer Aufnahmen so wichtigen Expositionszeit wäre der Gebrauch eines Photometers angezeigt. Da aber ein für photographische Zwecke brauchbarer Photometer bis jetzt noch unter die frommen Wünsche gehört, so ist man zunächst nur an die Erfahrung angewiesen, die man sich übrigens nach einiger Uebung bald erwirbt. Um jedoch einen Maassstab für die Dauer der Expositionszeit zu haben, wird es gut sein, sich an folgende Tabelle zu halten, welche ich nach den Resultaten meiner Erfahrung entworfen habe. Bei derselben ist auf drei Grade der Lichtintensität Rücksicht genommen, und zwar bezeichne ich mit zerstreutem Licht jene Lichtstärke, welche

an hellen freundlichen Tagen im Schatten gegeben ist, mit Halbsonnenlicht jene Lichtstärke, wie sie bei Verhüllung der Sonne durch leichte Wolken hervortritt, wobei immer noch Unterschiede von beschatteten und von der Sonne beleuchteten Orten zu machen sind, und endlich mit vollem Sonnenlicht jenen Grad der Lichtintensität, welchen die unverhüllte Sonne gewährt, eine Lichtstärke, die man gewöhnlich als directes Sonnenlicht bezeichnet.

Vergrösserung.	Zerstreutes Licht.	Halbsonnenlicht.	Volles Sonnenlicht.
5—25	40 Secunden	2 Secunden	0,5 Secunden
25—50	—	3 »	1 »
50—100	—	4 »	2 »
100—150	—	8 »	4 »
150—200	—	20 »	8 »
200—250	—	40 »	15 »
250—300	—	60 »	40 »

Da die Intensität der Sonnenstrahlen und ihr entsprechend die chemische Wirksamkeit derselben mit dem Stande der Sonne wechselt, so muss ich der Tabelle beifügen, dass dieselbe nach meinen Arbeitsstunden, welche im Frühling, Sommer und Herbst auf den Morgen von neun bis halb nach zehn Uhr fallen, zusammengestellt ist. In den Mittagsstunden ist daher die Expositionsdauer wohl etwas zu verkürzen.

Ausser der Lichtstärke ist für die Bestimmung der Zeit der Exposition noch von Einfluss die Lichtempfindlichkeit der photographischen Präparate, die Temperatur und die Grösse der angewandten Blendungen.

Was die Lichtempfindlichkeit der photographischen Präparate betrifft, so ist die vorliegende Tabelle ganz in Uebereinstimmung mit jenem Grade der Lichtempfindlichkeit, welche die verschiedenen Lösungen nach Befolgung der später anzugebenden Vorschriften besitzen. Der Temperaturgrad, welcher der Tabelle zu Grunde gelegt wurde, beträgt 14 bis

22° R. Befindet sich der Apparat in einer höheren Temperatur, so ist dem entsprechend die Expositionszeit etwas abzukürzen. Rücksichtlich des Gebrauchs der Blendungen bin ich gewohnt, immer die engsten Blendungen, wobei noch ein einigermaassen grosses Sehfeld erzielt werden kann, anzuwenden. Daher entspricht die Tabelle möglichst feinen Blendungen, die aber natürlich entsprechend den geringeren Graden der Vergrösserung weiter werden müssen.

Schliesslich kann ich nicht unterlassen, darauf aufmerksam zu machen, dass die Verlängerung der Expositionszeit namentlich bei vollem Sonnenlicht sehr leicht das sogenannte Verbrennen oder das Hypersolarisiren der Platte bewirkt, dessen Wirkungen sich darin äussern, dass die Unterschiede zwischen Licht und Schatten mehr und mehr verschwinden und dadurch die Zeichnung in hohem Grade leidet.

Der Umstand, dass zu den meisten mikrophotographischen Aufnahmen Sonnenlicht nothwendig ist, wird der Anwendung der Photographie für mikroskopische Zwecke am meisten hinderlich, weil derartige Arbeiten ganz von der Witterung abhängig sind und in gewissen Jahreszeiten, wie im Spätherbst und Winter, fast gar nicht vorgenommen werden können. Es wäre daher sehr erwünscht, ein künstliches Licht in Anwendung ziehen zu können, welches bis zu einem gewissen Grade das Sonnenlicht ersetzte. In der gewöhnlichen Photographie hat man sich in dieser Beziehung mit Erfolg des Verbrennens starkes Licht entwickelnder Substanzen, sowie des elektrischen Lichtes bedient; für mikrophotographische Zwecke genügen jedoch diese Lichtquellen nicht. Am meisten verspreche ich mir in dieser Beziehung noch von dem Bunsen'schen Lichte, das durch Verbrennen von Magnesiumdraht erzielt wird. Ich hatte jedoch bisher noch keine Gelegenheit, mit dieser Lichtquelle Versuche anzustellen.

Das Dunkelzimmer.

Diejenige Räumlichkeit, in welcher die Glasplatte lichtempfindlich gemacht und das aufgenommene Bild hervorgerufen wird, muss natürlich gegen die Einwirkung des Tageslichtes geschützt sein und wird daher das Dunkelzimmer genannt. Das für die Manipulation nöthige Licht wird dadurch gewonnen, dass man entweder bei einer Kerzenflamme arbeitet, oder weit besser dadurch, dass man das Fenster des Dunkelzimmers mit gelbem Papier verklebt, da erfahrungsgemäss gelbe Strahlen fast keine chemische Wirkung äussern. Die wesentlichen Eigenschaften eines Dunkelzimmers, das man in jedem beliebigen Raume mit wenigen Kosten sich leicht herstellen lassen kann, sind, dass dasselbe nicht sehr gross und vollkommen gegen das Tageslicht geschützt ist. Das meinige, welches allen Anforderungen für Mikrophotographie genügt, besteht aus einem hölzernen Kasten, der 1,9 M. hoch, 1,7 M. breit ist und besitzt eine gut schliessende Thüre Fig. 6 *a*, welche sich an dem Ende der einen langen Seite befindet. An der hinteren breiten Seite ist ein 0,7 M. langes Tischchen Fig. 6 *b* und an der vorderen Längsseite bis zu der Thüre ein niederes Bänkchen Fig. 6 *c* angebracht, auf welchem zwei Wassergefässe, gewöhnliche Züber, stehen. Der hintere Züber, der sich an der Seite des Tischchens befindet, dient als Abspülgefäss Fig. 6 *d*, hat daher unten eine Blechröhre, welche, durch die Wand des Dunkelzimmers hindurchgehend, das beim Abspülen gebrauchte Wasser nach aussen leitet. Ueber diesem Abspülgefäss ist das mit gelbem Papier überzogene, 0,4 M. hohe und 0,3 M. breite Fenster Fig. 6 *e* angebracht, wodurch das eintretende Licht auf das Spülgefäss, über welchem man hervorruft und auf das Arbeitstischchen fällt. Der zweite Züber Fig. 6 *f* enthält reines Brunnenwasser, welches zum Abspülen der Glasplatten bestimmt ist. Ueber demselben befindet sich in der Höhe des Fensters ein Brett Fig. 6 *g*, auf welchem

die zur Hervorrufung, Verstärkung und Fixirung nöthigen Flüssigkeiten, sowie die kleine zum Abspülen nöthige Kanne Fig. 6 *h* ihren Standort finden. An der hinteren Wand über

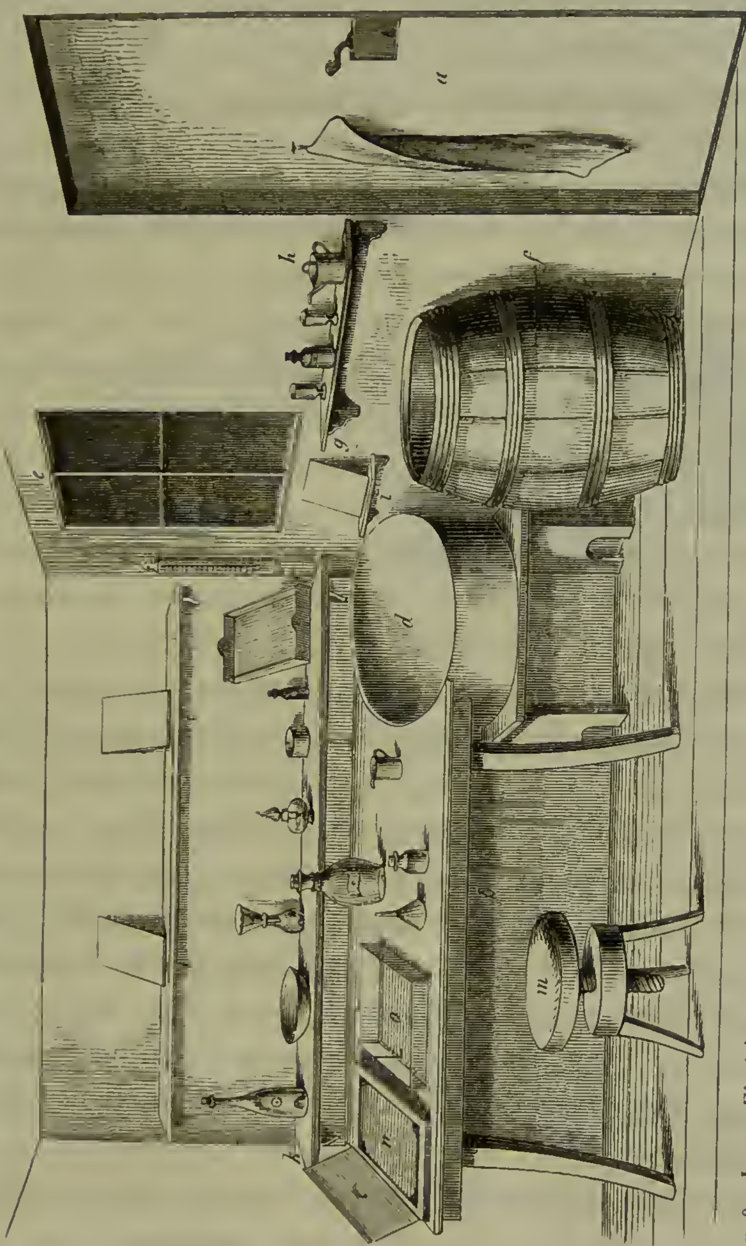


Fig. 6. Innere Einrichtung des Dunkelzimmers. *a*) Thüre. *b*) Arbeitstisch. *c*) Bänkchen, auf welchem das Abspülgefäss ruht. *d*) Abspülgefäss. *e*) Mit gelbem Papier überklebtes Fenster. *f*) Wasserbehälter. *g*) Brett über dem Wasserbehälter. *h*) Abspülkanne. *i i*) Leisten zur Aufstellung von Glasplatten. *k*) Brett an der Hinterwand. *l*) Thermometer. *m*) Stuhl. *n*) Aufgeschlagene Cassette. *o*) Tasse für das Silberbad.

dem Tischchen sowie zwischen Fenster und Abspülgefäss sind Leisten mit vorspringenden Kanten Fig. 6 *i* zur Aufstellung von Glasplatten angebracht. Mehrere an den Wänden fixirte

Bretter zur Aufnahme von Chemicalien und Putzgeräthschaften bestimmt Fig 6 *k*, ein Thermometer Fig. 6 *l*, sowie ein Stuhl ohne Lehne Fig. 6 *m* vollenden die einfache Einrichtung meines Dunkelzimmers.

Die Aufnahme des Negativs.

Die Glasplatten, welche ich für mikrophotographische Aufnahmen gebrauche, sind 130 Mm. lang, 122 Mm. breit und bestehen aus reinem mittelstarkem Fensterglas.*) Feinere Glassorten anzuwenden, ist durchaus nicht nöthig. Für die Präparation werden dieselben zuerst in den reines Brunnenwasser enthaltenden Wasserbehälter eingetaucht, dann mit einem linnenen Tuche sorgfältig abgetrocknet und hierauf mittelst fein geschlemmten Tripels und Alkohols, der durch Fliesspapier auf beiden Seiten der Platte verrieben wird, gereinigt. Durch leichtes Anhauchen der Platte, wodurch ein gleichmässiger Niederschlag entstehen muss, überzeugt man sich davon, dass alles Fremdartige von derselben entfernt ist und polirt sie nun leicht mit feinem Waschleder.**) Die Reinigung der Platten muss mit einiger Sorgfalt vorgenommen werden; denn die meisten Flecken entstehen durch unreine Platten. Man thut gut, sich eine Reihe von Platten voraus zu reinigen und sie in einem sogenannten Plattenkasten, der nichts anderes ist, als ein vergrössertes Kästchen für mikroskopische Präparate mit seitlichen Einschnitten, aufzubewahren. Vor dem jedesmaligen Gebrauche werden die Platten mit einem unten breiten, weichen Pinsel überfahren, um allen anhaftenden Staub zu entfernen.

Die gereinigte Platte wird nun mit dem iodirten Collodion

*) Eine solche Platte kostet hier 2 Kreuzer oder ½ Silbergroschen.

**) Gebrauchte Platten müssen vor der eigentlichen Reinigung mit ziemlich concentrirtem Spiritus abgerieben werden.

übergossen, was ich gewöhnlich bei geöffneter Thüre des Dunkelzimmers vornehme, da das Tageslicht hiebei nicht störend einwirkt. Diese Manipulation ist für den Anfänger gewöhnlich die schwierigste, und es gehört allerdings einige Uebung dazu, das Collodion in gleichmässiger Schichte auf der Glasplatte auszubreiten. Nachdem man die Collodionflasche entkorkt und den Rand derselben durch Bestreichen mit dem reinen Finger von etwa daran haftenden Staubtheilen befreit hat, fasst man die Glasplatte an einer Ecke Fig. 7 *a* mit

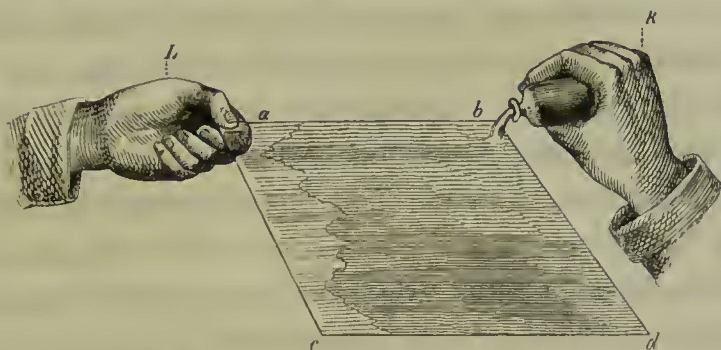


Fig. 7. Aufgiessen des Collodions auf die Glasplatte. *L*) Linke Hand. *R*) Rechte Hand. *a b c d*) Die vier Ecken der Glasplatte.

Zeigfinger und Daumen der linken Hand Fig. 7 *L* und hält sie horizontal; mit der rechten Fig. 7 *R* giesst man aus der Flasche das Collodion auf die gegenüberliegende Ecke Fig. 7 *b* langsam auf, mit der Vorsicht, dass von den Kanten der Platte nichts abläuft. Das mit ölartiger Consistenz dahin fliessende Collodion breitet man dadurch aus, dass man der Glasplatte verschiedene Neigungen giebt, und lässt die überschüssige Menge desselben an jener Ecke der Glasplatte Fig. 7 *c*, welche in der Diagonale gegenüberliegt der Ecke, an welcher der Aufguss statt gefunden, in die Collodionflasche ablaufen. Es ist besser, eher etwas zu viel als zu wenig Collodion aufzugiessen, indem bei zu geringem Aufguss leicht einzelne Stellen der Glasplatte ohne Ueberzug bleiben. Die Quantität, welche ich für meine Plattengrösse gewöhnlich aufgiesse, beträgt sechs bis acht Gramm. Um den Aufguss des Collodions zu erleichtern, wendet man in neuerer Zeit auch eigene Col-

lodionausgussflaschen an, welche übrigens bei einer so geringen Plattengrösse, wie die unsrige, ganz überflüssig sind. Mit gut schliessenden Korken versehene, gegen vier Unzen haltende Glasfläschchen genügen vollkommen.

Das Collodion bezieht man am besten ganz fertig präparirt aus einer guten photographischen Handlung. Für die Mikrophotographie kann ich als besonders passend das alkoholische Iodnatriumcollodion des photographischen Instituts in Elberfeld von E. Liesegang empfehlen. Der gegen vier Unzen haltende Flacon, welcher für mehrere hundert Aufnahmen hinreicht, kostet $12\frac{1}{2}$ Sgr. Auch das Collodion von Fessler und Steindorff, welches ich in der neueren Zeit anwende und das unter dem Namen Negativcollodion das Pfund zu zwei Thaler verkauft wird, ist ganz vortrefflich. Will man sich das Collodion selbst bereiten, wozu ich übrigens meinen Fachgenossen nicht rathe, da man die nöthigen Chemicalien wegen der durchaus erforderlichen Reinheit doch nur in einer photographischen Handlung haben kann und das Verfahren umständlich und zeitraubend ist, so hat man zunächst gut zubereitete Collodionwolle nöthig, welche ich in vorzüglicher Güte von Fessler und Steindorff in Berlin bezogen habe. Dieselbe wird in einer Mischung von absolut reinem, durchaus säurefreiem Aether und absolutem Alkohol gelöst und dann mit der Iodirungsflüssigkeit gemengt. Die quantitativen Verhältnisse sind dabei folgende:

Collodionwolle .	4 Grm.
Aether	100 »
Alkohol . . .	200 »

Iodirungsflüssigkeit:

Iodnatrium . . .	2 Grm.
Iodcadmium . . .	2 »
Bromcadmium . .	1 »
Alcohol abs. . . .	20 »

Nachdem die Iod- und Bromsalze durch Umschütteln in einem

kleinen Fläschchen gelöst sind, wird die Iodirungsflüssigkeit filtrirt, dann in die Collodionlösung gegossen und das Ganze tüchtig geschüttelt. Man lässt nun das Collodion an einem dunklen kühlen Orte 3— 4 Tage stehen, worauf es gebraucht werden kann. Die Farbe desselben ist leicht bernsteingelb und es hält sich in vollkommener Wirksamkeit 3—4 Monate.

Ist von der mit Collodion übergossenen Glasplatte der letzte Tropfen überschüssigen Collodions in die Flasche zurückgeflossen, so hat sich auf der Platte durch Verdunstung von Aether und Alkohol das Collodionhäutchen gebildet, welches jedoch noch feucht ist. In diesem feuchten Zustande des Collodionhäutchens muss die Platte in das sogenannte Silberbad gebracht werden, natürlich bei durchaus abgehaltenem Tageslicht, da sich in dem Silberbad die lichtempfindliche Iodsilberschichte bildet. Das Silberbad selbst ist nichts weiter, als eine Lösung von reinem geschmolzenen salpetersauren Silber mit einem minimalen Zusatze von chemisch reiner Salpetersäure. Die quantitative Zusammensetzung desselben ist folgende:

Salpetersaures Silber . . .	10	Grm.
Destillirtes Wasser	120	»
Verdünnte Salpetersäure . .	1	»

Die verdünnte Salpetersäure besteht aus:

Chem. reiner Salpetersäure .	10	Grm.
Destillirtem Wasser	100	»

Weitere Zusätze wie von Alkohol, Essigsäure, Iodkali oder was in der neusten Zeit besonders gerühmt wird, von reinem Iod halte ich nach meinen Erfahrungen für überflüssig und rathe sie besonders desswegen nicht an, weil man gar zu leicht bei den kleinen Quantitäten Silberbad, welche man für die Mikrophotographie bedarf, zu viel von den genannten Chemicalien beifügt und dadurch das Silberbad verdirbt. Wenn eine solch' einfache Lösung, wie die angegebene, auch nicht bei der ersten Aufnahme ein ganz klares Bild giebt, so wird das Bild bei jeder folgenden Aufnahme besser und lässt

bei der dritten und vierten an Klarheit nichts mehr zu wünschen übrig. Die Silberlösung muss jedesmal vor dem Gebrauche filtrirt werden und zwar hat man sich hierfür einen eigens bestimmten Trichter zu halten, da das Silberbad mit die empfindlichste photographische Lösung ist und durchaus keine Verunreinigungen verträgt. Auch wenn man aufhört zu photographiren ist es gut, das Silberbad beim Eingiessen in das mit einem gut schliessenden Glasstöpsel versehene Fläschchen zu filtriren.

Die Benetzung der Collodionschichte durch die Silberlösung geschieht in einer oblongen 168 Mm. langen und 148 Mm. breiten Glasschale. Nur der Boden der Glasschale darf 4 bis 5 Mm. hoch mit der Silberlösung bedeckt sein; es sind daher bei der angegebenen Grösse der Schale höchstens 60 Grm. Silberbad nothwendig. Die Platte selbst wird in folgender Weise in das Silberbad gebracht. Man stellt dieselbe zunächst vertical an das eine Ende der Schale und lässt sie dann, indem man sie vorn mit einem über einer Spirituslampe

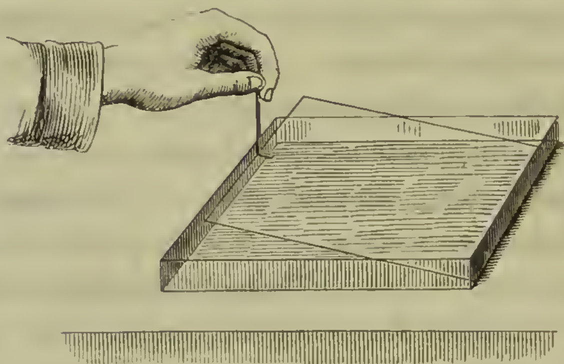


Fig. 8. Eintauchen der Glasplatte in das Silberbad.

rechtwinklig gebogenen Glasstreifen unterstützt, allmählich, jedoch ununterbrochen sinken. wodurch sie schliesslich horizontal in die Schale zu liegen kommt, jedoch den Boden der letzteren nicht berührt, da zwischen Platte und Boden der kleinere Schenkel des rechtwinklig gebogenen Glasstreifens sich befindet. Natürlich muss die mit dem Collodionüberzug versehene Fläche der Platte nach unten gerichtet sein. Dieses

Einsenken der iodirten Glasplatte in das Silberbad ist zur Abhaltung von Luftblasen langsam, aber ununterbrochen vorzunehmen, und zwar letzteres aus dem Grund, weil die geringste Unterbrechung die Ursache von linienartigen Streifen wird, welche quer über die ganze Platte gehen. Diese Streifen werden alsbald nach dem Uebergiessen mit der Hervorrufungsflüssigkeit, auf der Platte sichtbar und machen die Aufnahme natürlich unbrauchbar. Man lässt nun die Platte 30 bis 40 Secunden in dem Silberbad, hebt sie dann mittelst des rechtwinklig gebogenen Glasstreifens in die Höhe, lässt sie wieder sinken und wiederholt diese langsam zu vollführende Manipulation so oft, bis die in Folge des gebildeten Iodsilbers sahnengelb gefärbte Collodionschichte vollkommen gleichmässig von der Silberlösung benetzt ist. Alsdann nimmt man die Platte heraus, lässt die Silberlösung sorgfältig ablaufen und bringt sie, nachdem man sich überzeugt, dass die Iodsilberschichte vollkommen fleckenlos ist, in die Cassette.

Die richtige Handhabung des Silberbades ist mit derjenige Punkt, welcher dem angehenden Photographen die meiste Schwierigkeit macht; ich werde daher genau das Verfahren angeben, wie man sich das Silberbad immer gleich gut erhalten kann. Vor dem Gebrauche wird zunächst die Schale, die nur für das Silberbad gebraucht werden darf, sorgfältig gereinigt und zwar nur mit destillirtem Wasser und Fliesspapier; die etwa zurückbleibenden, von dem Fliesspapier herrührenden Stäubchen entfernt man durch Ausspülen der Schale mit destillirtem Wasser. Dann werden beiläufig 60 Grm. der Silberlösung mittelst eines nur für das Silberbad bestimmten und sorgfältig rein zu haltenden Trichters in die Schale filtrirt. Hört man auf zu photographiren, so wird sogleich das Silberbad in das Fläschchen zurück gegossen und zwar lässt man es in das Glas wieder durch ein Filter laufen und bewahrt das Fläschchen an einem gegen das Licht geschützten nicht zu warmem Orte auf. Ist die Schale ganz

von dem Silberbad entleert, so giesst man etwas destillirtes Wasser hinein und bedeckt sie bis zum nächsten Gebrauche mit einer Glasplatte. Bei jeder Aufnahme geht natürlich etwas von der Silberlösung verloren und die Lösung wird durch die Bildung von Iodsilber etwas schwächer; das letztere findet jedoch nur in einem sehr unbedeutenden Grade statt; das Silberbad erschöpft sich nur äusserst langsam. Wird die Quantität des letzteren jedoch so gering, dass die untere iodirte Fläche der Glasplatte nicht ganz mehr davon bedeckt wird, so giesst man aus dem Fläschchen eine filtrirte Lösung nach. Auf diese Weise kann man das Silberbad lange Zeit in einem ganz vortrefflichen Zustande erhalten. Hat man mit demselben Silberbade sehr viele Aufnahmen, 4 bis 500 meiner Plattengrösse gemacht, so fangen in der mit einem solchen Bade präparirten Iodsilberschichte zuerst sich kleine Punkte und dann grössere Flecken zu bilden an; es scheint als ob das Iodsilber nicht mehr gut an der Glasplatte hafte. Bemerkt man etwas derartiges, so ist es am besten, das lang gebrauchte Silberbad zurückzustellen und ein ganz neues frisch bereitetes Bad in Anwendung zu bringen. Das Silber des unbrauchbar gewordenen ersten Bades wird durch Kochsalzlösung zu Chlorsilber niedergeschlagen, welches, wenn man eine grössere Quantität beisammen hat, leicht in einem chemischen Laboratorium wieder in salpetersaures Silber umgewandelt werden kann.

Ist die lichtempfindliche Platte dem Licht exponirt gewesen und man öffnet nun, in das Dunkelzimmer zurückgekehrt, die Cassette, so sieht man an der herausgenommenen Platte auch nicht die leiseste Andeutung eines Bildes; sie hat scheinbar dieselbe Beschaffenheit wie vor der Exposition, und doch ist eine wesentliche Veränderung in dem molekularen Zustand der Iodsilberschichte vorgegangen, das Bild ist in latentem Zustande in ihr enthalten und wird alsbald sichtbar, wenn man reducirende Agentien auf die Platte einwirken lässt.

Unter diesen ist das schwefelsaure Eisenoxydul in Verbindung mit einer organischen Säure, wenn es sich nicht um Aufnahmen handelt, die, wie bei der Vergrösserungsphotographie, wieder neue Aufnahmsobjecte abgeben sollen, allen anderen Substanzen vorzuziehen. Um das gleichmässige Fliessen der Hervorrufungsflüssigkeit über der Iodsilberschichte zu erleichtern, setzt man der Eisenlösung gewöhnlich noch eine geringe Menge Alkohol zu. Ueber die Menge des schwefelsauren Eisenoxyduls in der Hervorrufungsflüssigkeit variiren die Ansichten der photographischen Autoren sehr. Eine von mir durch vielfache Versuche als vortrefflich erprobte Zusammensetzung der Hervorrufungsflüssigkeit ist folgende:

Ferr. sulph. oxydul.	6	Grm.
Acid. acet. glac. .	5	»
Alcohol. absol. . .	10	»
Aq. font. . . .	100	»

Ich bereite diese Lösung in grossen Quantitäten, etwa 1000 Grm., da ich finde, dass dieselbe, älter geworden, besser wirkt, als im frisch bereiteten Zustand; denn während sie frisch leichter Gussflecken veranlasst, bleibt diese unangenehme Nebenwirkung bei einer Flüssigkeit, die eine Woche und darüber alt geworden, ziemlich sicher aus. Der Aufguss der hervorrufenden Flüssigkeit geschieht von einer Seite der Platte aus. Man hält die Glasplatte über das Spülgefäss, giesst an einer Seite 8 bis 10 Grm. auf und lässt durch rasche Bewegung an der Platte die Flüssigkeit schnell über die ganze Platte sich ausbreiten. Die ganze Manipulation muss etwas rasch vorgenommen werden, zur Vermeidung von Gussflecken. Die Bestimmung der Zeit für die Einwirkung der Eisenlösung hängt von dem schnelleren oder langsameren Sichtbarwerden des Bildes ab. Tritt das Bild sehr rasch hervor und erscheinen dessen Schwärzen alsbald intensiv, so kann man die Einwirkung der Eisenlösung auf 30—40 Secunden beschränken; ist aber das Gegentheil der Fall, so sind oft

mehrere Minuten für die Dauer der Einwirkung nöthig. Es versteht sich von selbst, dass man die Platte dabei nach verschiedenen Seiten neigt, so dass die Eisenlösung in ständigem Fliessen begriffen ist.

Ist die Hervorrufungsflüssigkeit von der Platte in das Spülgefäss abgelaufen, so hat man auf das Bild sogleich Wasser zu giessen, welches zuerst beim Abfliessen die Bildschichte nicht gleichmässig benetzt. sondern nur an einzelnen Stellen haftet; man muss mit dem Begiessen der Platte solange fortfahren, bis diese Erscheinung geschwunden und das Wasser gleichmässig über die ganze Bildschichte verbreitet ist.

An dem mikroskopischen Bilde, als einem negativen, erscheint das Sehfeld schwarz und die Zeichnung des Objectes licht. Je schwärzer das Sehfeld. um so besser ist im Allgemeinen die Aufnahme gerathen. Häufig erhalten aber die Sehfelder bei blosser Behandlung mit der Eisenlösung nicht den genügenden Grad von Schwärze und für die Mikrophotographie sind daher die sogenannten Verstärkungsmittel, wodurch eine grössere Schwärze des Sehfeldes erzielt wird, von grosser Bedeutung.

Die beste Methode, die Negativen zu verstärken. besteht darin, dass man dieselben mit einer Lösung von Pyrogallus- und Citronensäure, der ein geringer Silberzusatz gemacht ist, übergiesst. Man muss sich hierzu zwei Fläschchen halten, das eine für die Lösung der Pyrogallus- und Citronensäure, das andere für eine schwache Höllensteinlösung. Die erste Lösung ist quantitativ folgendermaassen zusammengesetzt:

Acid. pyrogall. . .	1,5 Grm.
Acid. citric. . . .	0,5 »
Aq. destill. . . .	150,0 »

Die Silberlösung besteht aus

Arg. nitr. fus. . .	3 Grm.
Aq. destill. . . .	90 »

Die erste Lösung hält sich nur 10 bis 14 Tage, indem sich alsdann ein schleimiger Bodensatz bildet, der übrigens nur abfiltrirt zu werden braucht; die darüber stehende Flüssigkeit ist noch vollkommen brauchbar. Beide Lösungen darf man erst unmittelbar vor dem Gebrauche zusammengiessen. Ich gebrauche hiefür ein kleines Tuschschälchen von Porcellan und zwar desshalb, weil jedesmal, bevor man beide Flüssigkeiten mit einander mengt, das Gefäss, worin diese Mischung vorgenommen wird, äusserst sorgfältig gereinigt werden muss und ein solches Tuschschälchen sehr leicht mit einem linnenen Tuche gereinigt werden kann. Von jeder Flüssigkeit nehme man einige Gramme, die Mischung ist anfangs vollkommen klar und wird auf die sorgfältig abgespülte Bildschichte und zwar von einer Ecke ausgegossen und durch Bewegungen der Glastafel nach allen Richtungen ausgebreitet. Man lässt nun an der einen Ecke der Tafel die Verstärkungsflüssigkeit ablaufen, fängt dieselbe jedoch wieder mit dem Tuschschälchen auf und untersucht das Bild bei durchfallendem Lichte, um die Wirkung der Verstärkung zu sehen. Hat das Bild noch nicht die gehörige Kraft gewonnen, so giesst man die Verstärkungsflüssigkeit von Neuem auf, und fährt so fort, bis entweder in dem Bilde die nöthige Schwärze des Sehfeldes eingetreten ist, oder die Flüssigkeit keine weiteren Wirkungen mehr äussert. Dabei wird die Verstärkungsflüssigkeit erst bräunlich und dann undurchsichtig schwärzlich, in welch' letzterem Zustande sie unwirksam ist.

Für den Anfänger ist es nicht ganz leicht, den Zeitpunkt zu bestimmen, in welchem er die Einwirkung der Verstärkungsflüssigkeit zu unterbrechen hat. Im Allgemeinen liefern etwas überkräftige mikroskopische Negative die besten Copien, wenn auch dadurch die Zeichnung vielleicht hart wird. Die sogenannten Mitteltöne haben für eine mikroskopische Aufnahme lange nicht die Bedeutung, wie für die Aufnahme einer Landschaft oder eines Portraits. Eine mikrophotogra-

phische Copie erscheint im Allgemeinen um so effectvoller, je weisser das Sehfeld gehalten ist; die Weisse des Sehfeldes in der Copie hängt aber hauptsächlich von der Kraft des Negativs ab. Auch verliert das Bild durch die Fixirlösung wieder etwas an Kraft; es ist daher in der Mikrophotographie der Grundsatz festzuhalten, die Wirkung der Verstärkungsflüssigkeit eher zu spät als zu früh zu unterbrechen. Ist die Verstärkungsflüssigkeit undurchsichtig schwärzlich geworden, und das Bild noch nicht kräftig genug, so kann man, nachdem man das Bild mit Wasser abgewaschen, eine neue Verstärkung anwenden. Dergleichen Aufnahmen gerathen jedoch in der Regel nicht besonders gut, da gewöhnlich die Expositionsdauer eine zu kurze gewesen war.

Nach der Behandlung mit der Verstärkungsflüssigkeit wird das Bild von Neuem mit Wasser abgespült und hierauf fixirt. Die Fixirflüssigkeit besteht in einer concentrirten Lösung von unterschwefligsaurem Natron. Damit wird das Bild übergossen, worauf alsbald die grünlichgelbe Farbe der Lichter des Negativs schwindet und das letztere an diesen Stellen ganz durchsichtig wird. Das vollkommen durchsichtige Verhalten der Lichter des Negativs, was sich nur bei durchfallendem Lichte gut beurtheilen lässt, ist der Beweis, dass die Fixation eine vollkommene ist. Hierauf muss das Bild von Neuem sehr gründlich mit Wasser abgespült werden, damit durchaus kein unterschwefligsaures Natron zurückbleibt; denn ist auch nur ein Minimum dieses Salzes noch vorhanden, so krystallisirt dasselbe beim Trocknen auf dem Bilde und macht dadurch das letztere unbrauchbar für das Copiren.

Findet man nach der Fixation, dass das Negativ die gehörige Kraft noch nicht hat, so kann man noch ein zweites Verstärkungsmittel anwenden. Man übergiesst nämlich das Bild mit folgender Lösung:

Iod. pur. . .	0,5	Gr.
Kali iodat. . .	0,5	»
Aq. destill. .	250,0	»

Diese Flüssigkeit lässt man eine Minute lang einwirken, spült mit reinem Wasser ab und bringt das Negativ etwa eine halbe Minute an das Tageslicht. Hierauf behandelt man dasselbe in dem Dunkelzimmer nochmals in der oben angegebenen Weise mit der ersten Verstärkungsflüssigkeit.

Ein anderes, erst nach dem Fixiren anzuwendendes Verstärkungsmittel ist das Quecksilberchlorid. Vier Grm. Sublimat werden in hundert Grm. Wasser gelöst und hierzu eine gesättigte Lösung von Iodkali in Wasser solange tropfenweise gesetzt, bis sich der alsbald nach dem Zusatz entstehende rothe Niederschlag nicht mehr auflöst. Mit der abfiltrirten Flüssigkeit wird das fixirte Negativ übergossen und dann nochmals mit Wasser abgespült. Das Negativ hat jetzt eine leicht gelbliche Färbung angenommen, muss jedoch vor dem Trocknen mit einer dünnen Lösung von *Gummi arabicum* übergossen werden zur Vermeidung der partiellen Ablösung des Collodionhäutchens von der Glasplatte, welche sehr häufig nach der Anwendung von Quecksilber während des Trocknens der Platte erfolgt.

Will man wie gewöhnlich von einem Negativ mehrere Copien abziehen, so ist es gut, dasselbe mit einem schützenden Firniss zu überkleiden. Am bequemsten ist eine Lösung von Bernstein in Chloroform, die man aus jeder photographischen Handlung unter dem Namen Bernsteinfirniss mit Chloroform haben kann. Dieser Firniss wird auf das in der Sonne oder über der Spirituslampe getrocknete Negativ gegossen, und da das Chloroform sich momentan verflüchtigt, so ist die Platte sogleich zum Copiren fertig. Hat man keinen Bernsteinfirniss zur Hand, so kann man auch Gelatinelösung anwenden, welche gleichfalls einen recht dauerhaften Ueberzug abgiebt. Man weicht fünf Grm. Pariser Gelatine, dieselbe, welche als Con-

stituens zu den feinen Injectionen verwandt wird, in Wasser ein und löst sie hierauf in hundert Grm. heissen Wassers auf. Der Aufguss dieser Flüssigkeit muss jedoch unmittelbar, nachdem das Negativ zum letztenmal mit Wasser abgespült ist, geschehen. In der Sonne trocknet übrigens auch dieser Ueberzug ziemlich rasch.

Vor der Behandlung mit Bernsteinfirniss kann man an dem Negativ bisweilen mit Vortheil gewisse Correcturen, allerdings künstlicher Art anbringen. Ist z. B. an einer Stelle des Negativs das Sehfeld nicht gehörig schwarz, oder befinden sich in dem Sehfelde ausser dem Objecte noch fremde Gegenstände, Staubtheile, Luftblasen u. dgl., so kann man dieselben dadurch entfernen, dass man die betreffende Stelle mit deckender Farbe überfährt. Dieses Decken mit dem Pinsel erfordert jedoch einige Uebung, damit man die Farbe, Tusche mit etwas Weissgelb gemischt, weder zu stark noch zu schwach auftrage. Bei Objecten mit sehr prägnanten Contouren, z. B. Muskelfäden u. dgl., deckt man oft mit Vortheil das ganze Sehfeld. insoweit es nicht von dem Objecte eingenommen ist.

Auch ist es gut, vor dem Ueberguss mit dem Bernsteinfirniss das Sehfeld etwas zu verkleinern, was man einfach dadurch erreicht, dass man auf das Negativ eine Schablone von Kartenpapier mit kreisförmigem Ausschnitt legt, und entsprechend der Schablone an der Peripherie des Sehfeldes mit einer Nadel eine kreisförmige Linie zieht. Nach aussen von dieser Linie wird das Collodionhäutchen mit einem feuchten Pinsel überfahren, worauf es sich sehr leicht ablöst. Man muss sich nur hüten, keine Feuchtigkeit nach innen von der gezogenen Linie kommen zu lassen, da dadurch das Sehfeld leicht fleckig wird. Es bleibt alsdann auf der Glasplatte nichts als das Sehfeld zurück und dadurch erreicht man in der Copie den Vortheil, dass das weisse Sehfeld von einem tief schwarzen

Rande umgeben ist, wodurch die Weisse des Sehfeldes bedeutend gehoben erscheint.

Das Copirverfahren.

Das bis jetzt noch gebräuchlichste Copirverfahren, welches entschieden auch die schönsten Bilder liefert, beruht darauf, dass Chlorsilber durch die Einwirkung des Lichtes sich schwärzt. Legt man daher auf ein mit Chlorsilber imprägnirtes Papier ein Negativ, so werden in Folge der Einwirkung des Lichtes jene Theile des Chlorsilberpapieres, welche unter die lichten Stellen des Negativs zu liegen kommen, schwarz werden, die durch die dunklen Stellen des Negativs geschützten Theile aber werden unverändert, d. h. weiss bleiben. Wir erhalten auf diese Weise einen Abdruck des Negativs, welcher eine dem letzteren entgegengesetzte Anordnung von Licht und Schatten hat. Ein solcher Abdruck heisst eine positive Copie, da Licht und Schatten hier an denselben Stellen sich finden, an welchen sie in dem Objecte der Aufnahme gegeben sind.

Unter den verschiedenen Papieren, welche in der Photographie angewandt werden, ist für Abzüge mikroskopischer Objecte nur das sogenannte Albuminpapier zu empfehlen. Es ist dieses Papier mit einer Lösung von Chlornatrium oder Chlorammonium in Eiweiss imprägnirt und kann fertig präparirt aus jeder photographischen Handlung bezogen werden. Als besonders für Mikrophotographie geeignet habe ich das Doppelalbuminpapier gefunden, welches ich theils aus dem photographischen Institut von E. Liesegang, theils von Fessler und Steindorff erhielt, das Buch zu dem Preise von 1 Thlr. 20 Sgr.

Da dieses Papier nur die Chlorverbindung, aber noch kein Silber enthält, so ist es gegen das Licht vollkommen unempfindlich und kann daher Jahre lang aufbewahrt werden.

Empfindlich wird das Papier durch Behandlung mit einer Lösung von salpetersaurem Silber gemacht, wodurch sich erst Chlorsilber bildet. Die quantitativen Verhältnisse dieser Lösung sind folgende:

Argent. nitr.	. . .	15 Grm.
Aq. destill.	. . .	100 »
*Acid. nitric. dilut.**)	.	1 »

Diese Lösung bringt man, nachdem sie filtrirt worden, in eine grössere oblonge Glas- oder Porcellanschale und zwar in solcher Menge, dass der Boden der Schale 4 bis 5 Mm. hoch damit bedeckt ist. Hierauf lässt man das Papier, welches vorher in der Schale entsprechend grosse Stücke zerschnitten worden, auf dieser Lösung schwimmen, und zwar muss die albuminirte, durch ihren Glanz leicht kenntliche Fläche aufgelegt werden. Vor der Auflage biegt man das Papierstück an der einen Ecke ein wenig um und bringt es dann mit der entgegengesetzten Seite zuerst auf die Silberlösung, worauf man es allmählich ganz sinken lässt. Zwei Uebelstände muss man bei der Auflage möglichst zu vermeiden suchen, einmal, dass auf die obere, nicht glänzende Fläche Silberlösung kommt und dann, dass zwischen Papier und Silberlösung Luftblasen sich einlegen. Um letzterem Uebelstande zu begegnen, pflege ich nach der Auflage das Papier alsbald noch einmal in die Höhe zu heben und entferne, wenn Luftblasen vorhanden sind, dieselben mit einem Glasstäbchen.

Nachdem das Papierstück 2—3 Minuten auf der Silberlösung gelegen, fasst man dasselbe an dem umgebogenen Ende, lässt die überschüssige Silberlösung ablaufen, und befestigt das Papier mit einer Stecknadel an einem Orte, dass es frei zu hängen kommt. An das unterste Ende heftet man ein kleines Stückchen Fliesspapier, welches die noch nach-

*) Der Verdünnungsgrad der Säure ist derselbe wie jener für das negative Silberbad, nämlich 1 Thl. Säure auf 10 Thle. Wasser.

trüglich ablaufende Flüssigkeit aufsaugt. Das Papier bleibt so lange hängen, bis es vollkommen trocken geworden ist. Die ganze Manipulation muss natürlich im Dunkelzimmer, oder des Abends bei Kerzenlicht vorgenommen werden. Das vollkommen trockne Papier ist in einer Mappe, jedes Stück zwischen Fliesspapier gelegen, an einem dunklen trocknen Orte aufzubewahren. Das sensibilisirte Papier hält sich jedoch nur 4 bis 5 Tage, ist daher sobald wie möglich zu verbrauchen; später wird es, auch an einem dunklen Orte aufbewahrt, bräunlich und giebt dann keine schönen Weissen mehr. Bei der Präparation von grösseren Papiermengen sinkt natürlich der Silbergehalt der Lösung. Man hat berechnet, dass ein Bogen Papier 3,5 Grm. Silbersalpeter in Anspruch nimmt, welchen man, nebst der entsprechenden Quantität Wasser, natürlich nach jedesmaligem Gebrauche ersetzen muss, um die Lösung in ihrer Zusammensetzung constant zu erhalten. Auch trübt sich die Lösung leicht, wenn sehr viel Papier damit präparirt worden. Diese Trübung verliert sich jedoch wieder, wenn man die Lösung in die Flasche zurückgegossen, 4 bis 5 Tage sich selbst überlässt, wobei sich die Wandungen des Gefässes dunkel färben. Hat man die Silberlösung jedoch in kürzeren Intervallen nöthig, so schüttelt man dieselbe, ehe man filtrirt, mit einigen Grammen folgender Flüssigkeit:

Natr. phosphor. .	5	Grm.
Natr. carbon. .	2	»
Aq. destill. . .	100	»

Die Glasschale, in welcher die Sensibilisirung des Papiers vorgenommen wird, muss natürlich vor und nach dem Gebrauche mit destillirtem Wasser sorgfältig gereinigt werden.

Die Belichtung des empfindlichen Papiers unter dem Negativ wird in dem sogenannten Copirrahmen vorgenommen. Ich gebrauche die einfachste Form eines solchen Rahmens, welche vollkommen genügt und für wenige Groschen von je-

dem Tischler angefertigt wird. Derselbe besteht aus einem einfachen Holzrähmchen Fig. 9 *a*, an dessen innerem Rande sich ein falzartiger Einschnitt befindet, in welchen gerade das Glas des Negativs hineinpasst. Das letztere Fig. 9 *b* wird so hineingelegt, dass die Bildseite nach hinten sieht; auf diese wird unmittelbar das präparirte Papier gelegt und auf dieses ein entsprechend grosser Lappen von Plüsch. Das Ganze wird bedeckt mit einer viereckigen etwas starken Glasscheibe von der Grösse der Negativplatte. Diese Glasscheibe Fig. 9 *c* hat hinten einen aufgeklebten Ueberzug von glatter Leinwand und ist genau in der Mitte durchschnitten. so dass die beiden Hälften der Scheibe gegen einander gebogen werden können. Die nöthige Anpressung des Papieres an das Negativ wird bewirkt durch zwei hölzerne glatte Querbälkchen Fig. 9 *dd*, welche in Klammern eingezogen werden, von denen je zwei an den gegenüberliegenden Seiten des Holzrähmchens angebracht sind Fig. 9 *ee ee*. Will man nachsehen, wie weit die Copie fortgeschritten, so entfernt man das eine Querbälkchen aus seinen beiden Klammern, hebt mit dem Papier die eine Hälfte der Glasscheibe in die Höhe, und kann so die bereits eingetretene Lichteinwirkung beobachten. Eine Verschiebung zwischen Papier und Negativ findet dabei desshalb nicht statt, weil der untere Theil des Papieres mit der unteren Hälfte der Glasscheibe durch das zweite in seiner Lage gebliebene Querbälkchen unverrückt in seiner Lage erhalten wird.

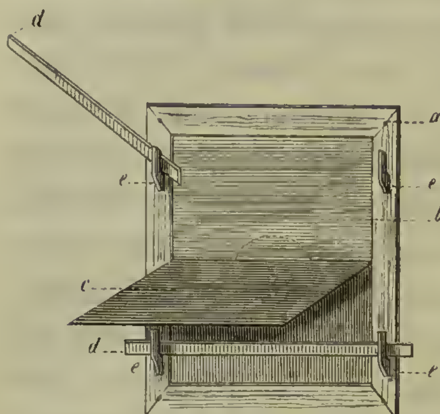


Fig. 9. Copirrahmen. *a*) Holzrahmen. *b*) Negativplatte. *c*) Durchschnittene Glasplatte. *dd*) Querbälkchen. *ee ee*) Klammern.

Die Dauer der Belichtung in dem Copirrahmen hängt von der Intensität des Lichtes und der Stärke des Negativs ab.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass 8 bis 10 Minuten bei Sonnenlicht und 25 bis 30 Minuten bei zerstreutem Licht für die Expositionsdauer nothwendig sind. Bei der Anfertigung der ersten Copie, wo man noch nicht genau weiss, wie viel Zeit erfordert wird, ist es gut, öfter nachzusehen, wie weit das Bild fortgeschritten ist. Man muss übrigens immer das Bild ziemlich kräftig copiren, da es durch die späteren Manipulationen etwas an Intensität verliert.

Die aus dem Rahmen herausgenommene Copie wird in dreimal erneutem Regenwasser ausgewaschen. Man lässt sie jedesmal 10 bis 15 Minuten in dem Wasser liegen, bis man dasselbe erneuert. Das gebrauchte Wasser giesst man in ein hohes Glasgefäss und kann durch Kochsalzlösung, welche darin einen weissen Niederschlag bewirkt, die Hälfte des Silbers wieder gewinnen, welche zur Präparation des Papieres verwandt wurde. Es ist gut, dem letzten Waschwasser eine geringe Menge Kochsalz beizufügen.

Nachdem die Copie in Regenwasser ausgewaschen, bringt man sie in das sogenannte Tonbad. Dieses besteht aus einer Lösung von Goldchloridkalium. Die besten Resultate mit dem wenigsten Aufwand an Gold erreicht man auf folgende Weise Man bereite sich eine Lösung von 1 Grm. Goldchloridkalium auf 100 Grm. destillirten Wassers. Diese Lösung hält sich, vor Licht geschützt, unverändert gut. Von derselben nehme man 5 Grm., verdünne dieselben mit 50 Grm. destillirten Wassers und füge 0,01 Grm. kohlensaures Natron bei. Die genannte Menge genügt, um 20 bis 25 Copien der unseren Negativen entsprechenden Grösse zu tonen. Dieses Goldbad hält sich jedoch nicht, sondern ist schon nach 5 bis 6 Stunden ziemlich wirkungslos; man muss es daher immer frisch bereiten. Die Copien sind so lange in dem Goldbade liegen zu lassen, bis sie eine tief blauschwarze Farbe angenommen haben; hierzu genügen bei den ersten 4 bis 5 Minuten, die später eingelegten müssen länger liegen bleiben. Hat sich aber

nach 10 Minuten der gewünschte Ton nicht eingestellt, so muss man sich ein neues Goldbad bereiten.

Aus dem Goldbad bringt man die Copie sogleich in die Fixirlösung. Diese besteht aus:

Natron subsulphur. 15 Grm.
Aq. font. . . . 100 »

Die Copie ändert darin alsbald ihre Farbe; der frühere schwarzblaue Ton geht in einen schwarzbraunen über, der übrigens nach dem Trocknen dem eigentlich schwarzen Tuschton weicht, welcher für mikroskopische Copien der geeignetste ist. In der Fixirlösung ist die Copie 10 Minuten zu lassen. Dann hebt man dieselbe auf und betrachtet sie bei durchfallendem Lichte. Sind die Weissen rein, so ist der Fixationsprocess beendigt, erscheinen sie dagegen noch fleckig, griesselig, so hat die Copie noch nicht lange genug in der Fixirlösung gelegen.

Nach dem Fixiren ist das Bild vollkommen unempfindlich gegen das Tageslicht und das nun folgende Auswaschen der Copie braucht daher nicht mehr im Dunkeln vorgenommen zu werden. Uebrigens ist bei dem ganzen Copirverfahren keine so strenge Abhaltung des Tageslichtes nöthig, als bei der Aufnahme der Negativen. Es genügt, wenn man Gold- und Fixirbad einfach bedeckt.

Die Fixirlösung wird während des Gebrauches allmählich trübe; man muss sie daher filtriren und durch neuen Zusatz von unterschwefligsaurem Natron auf ihrer ursprünglichen Mischung erhalten.

Nachdem die Copie aus der Fixirlösung genommen, muss sie sogleich zur Entfernung des überschüssigen unterschwefligsauren Natrons in reinem Brunnenwasser ausgewaschen werden. Dieses Waschwasser ist 7 bis 8mal zu wechseln und darin die Copie 6 bis 8 Stunden liegen zu lassen. Im Anfang ist das Wasser in kürzeren, später in längeren Intervallen zu erneuern. Dieses Auswaschen ist das Langweiligste

des ganzen Copirverfahrens und doch muss es mit einer gewissen Aufmerksamkeit vorgenommen werden, da sonst mit der Zeit die Copien leicht durch Flecken entstellt werden. Wer über einen laufenden Brunnen disponirt, kann sich die Sache dadurch sehr erleichtern, dass er die Copien unter den Brunnen in ein Gefäss stellt, dessen Boden zahlreiche feine Löcher enthält. Nach einigen Stunden ist dann die Copie gehörig ausgewaschen.

Die ausgewaschene Copie wird zwischen Fliesspapier getrocknet und dann mit Gelatine oder Stärke auf Cartonpapier aufgeklebt.

Die Papierbilder gewinnen ausserordentlich und ihre Detailzeichnung wird entschieden klarer durch den feinen Glanz, welchen sie erhalten, wenn man dieselben durch eine Satinirpresse gehen lassen kann. Allein selbst die kleinsten dieser Pressen, wie man sie in der gewöhnlichen photographischen Praxis gebraucht, kosten noch zwischen 30 und 40 Thalern, sind daher so theuer, dass man sich nicht leicht zu einer Anschaffung derselben entschliessen wird. Vermittelst der Anwendung von Glättachaten, wie sie die Buchbinder gebrauchen, kann man den positiven Copien auf Eiweisspapier jedoch auch einen ziemlich hohen Grad von Glanz geben. Man legt dieselben, nachdem sie auf Cartonpapier aufgezogen und vollkommen getrocknet sind, auf eine glatte feste Unterlage, ich benutze dazu eine Porcellanplatte, und reibt mit dem Glättachat unter Anwendung eines starken Druckes in den verschiedensten Richtungen über das Bild, bis es vollkommen glatt erscheint. Die Copie hat hierdurch schon sehr gewonnen; will man derselben einen noch erhöhten Glanz geben, so trägt man mit einem Pinsel eine ziemlich dickliche Lösung nicht iodirten Collodions auf, was wegen der alsbald eintretenden Verdunstung ziemlich rasch geschehen muss. Ist die Collodionschichte trocken, so reibt man das Bild mit feinem Handschuhleder ab und wendet den Glättachat von Neuem an.

Hierdurch erhält die Copie einen äusserst feinen matten Glanz, welcher in seiner Wirkung dem durch die Satinirmaschine oder durch Firnisse erzeugten kaum etwas nachgiebt.

In den letzten Jahren hat man auch angefangen, andere Substanzen, welche durch das Licht verändert werden, für das Copirverfahren zu benutzen, um die Copien wohlfeiler und dauerhafter herzustellen. Besonders Chrompräparate und das oxalsaure Eisen wurden vielfach versucht. Allein die Chlorsilbercopien übertreffen die nach anderen Methoden dargestellten noch bedeutend, namentlich ist es bis jetzt noch nach keinem anderen Verfahren gelungen, die Weissen der Copien so brillant darzustellen, wie sie in Folge der Behandlung mit Goldchloridkalium bei den Chlorsilberbildern hervortreten.

Schliesslich glaube ich noch hervorheben zu müssen, dass die Idee, grössere mikroskopische Werke photographisch zu illustriren, mir gerade keine sehr glückliche zu sein scheint. Einmal werden dieselben dadurch sehr vertheuert, sowohl wegen des hohen Werthes des angewandten Materials, der Edelmetalle, Silber und Gold, als wegen der weitaus grösseren Arbeitskraft, welche die photographische Vervielfältigung gegen andere derartigen Verfahren in Anspruch nimmt. Ein zweiter Grund ist die Ungleichheit der Abdrücke, welche namentlich, wenn sehr grosse Mengen von Abzügen gefertigt werden, selbst bei der grössten Aufmerksamkeit, kaum zu vermeiden ist. Bei der einen Copie war das Licht während der Exposition etwas intensiver, sie wird also dunkler werden, die andere war entweder zu kurz oder zu lang in der Goldlösung und erhält dann nach dem Trocknen nicht den gewünschten schwarzen Tuschton. Aus diesen beiden Gründen glaube ich kaum, dass die photographische Vervielfältigung nach den wenigstens jetzt bekannten Copirmethoden sehr viel Eingang finden wird bei der Herstellung mikroskopischer Tafeln. Ganz anders aber wird sich die Sache gestalten, wenn

es gelingt, die Copie unmittelbar auf Stein abzudrucken, und den Stein dann so zu ätzen, dass er wie andere lithographische Steine zu Darstellung von Abzügen benutzt werden kann. Mit dieser Aufgabe hat man sich zwar schon vielfach befasst, ist jedoch in der Technik hierin nur soweit fortgeschritten, dass man diese photolithographische Vervielfältigung nur da mit Vortheil anwenden konnte, wo es sich um gröbere Zeichnungen, wie Landkarten u. dgl., handelte. Jedoch soll in der jüngsten Zeit ein Herr Ph. H. Mandel, ein geborner Frankfurter, der aber in Stockholm lebt, ein derartiges Verfahren entdeckt haben, das er Lichtselbstdruck nennt, und das lithographische Abzüge liefert, welche in derselben Weise wie die Chlorsilbercopien alle Feinheiten des Negativs wiedergeben. Solche Abzüge wurden von dem Bruder des Entdeckers der neuen Methode in Frankfurt in dem deutschen Hochstift für Wissenschaft vorgezeigt und erregten die Bewunderung aller Anwesenden.*)

Wenn auch die jetzt gebräuchlichen Chlorsilbercopien sich aus den angegebenen Gründen nicht gut für die Illustration grösserer mikroskopischer Werke eignen, so sind sie doch für den Mikroskopiker selbst von höchstem Werth. Denn einmal kann man nach solchen Copien viel leichter und genauer zeichnen oder zeichnen lassen, dann macht es keine besondere Mühe, einige Dutzend solcher Copien eines interessanten Negativs anzufertigen, welche man an Fachgenossen versenden und diese dadurch weit unmittelbarer an einer Beobachtung Theil nehmen lassen kann, als dieses durch Beschreibung oder Zeichnungen möglich ist. Besonders werden dann solche Copien wichtig, wenn es sich um ganz neue und ausserge-

*) Ich selbst hatte in der letzten Zeit Gelegenheit, derartige lithographische Abzüge zu sehen und war überrascht durch die Feinheit und Klarheit der Zeichnung. Es wäre schon in dem Interesse der Wissenschaft sehr wünschenswerth, wenn Herr Mandel sein Verfahren veröffentlichen würde.

wöhnliche Beobachtungen handelt. Existirten z. B. derartige Copien der Beobachtungen Kühne's*) über die terminalen Verhältnisse der motorischen Nerven des Frosches, so wäre jeder erfahrene Mikroskopiker im Stande, sich ein Urtheil darüber zu bilden, ob die dort beschriebenen Körper wirklich die terminalen Enden der Nerven darstellten, wie Kühne will, oder ob sie nur zur Bedeutung von den feinsten blassen Nervenfasern anliegenden Zellenkernen herabsänken, wie ganz vor Kurzem Kölliker**) behauptet.

Von grossem Vortheil sind derartige Copien für Lehrzwecke. Es macht nämlich an sich schon auf den Anfänger einen viel mehr Vertrauen erweckenden Eindruck, wenn man demselben eine von der Natur selbst gelieferte Abbildung, als eine durch Zeichnung entstandene, vorlegen kann. Ferner ist es, was mir besonders wichtig erscheint, dem Lehrer, der photographische Abbildungen seiner conservirten Schulpräparate hat, möglich, den Zuhörer vor der Demonstration unter dem Mikroskop an der Photographie über die bei jedem Präparate in Betracht kommenden Detailverhältnisse zu verständigen, wodurch derselbe schon voraus unterrichtet ist, worauf er bei der Beobachtung seine Aufmerksamkeit hauptsächlich zu lenken hat.

---

*) Ueber die peripherischen Endorgane motorischer Nerven. Leipzig 1862.

**) Ueber die letzten Endigungen der Nerven in den Muskeln des Frosches aus der Würzburger naturwissenschaftlichen Zeitschrift Bd. III. pag. 1.

Die Steigerung der Vergrösserung durch die Photographie.

Das Princip der Methode, die Vergrösserung auf photographischem Wege zu steigern, beruht, wie schon früher gezeigt wurde, darauf, dass das Negativ der ersten Aufnahme Object für eine zweite Aufnahme unter Anwendung einer passenden Vergrösserung wird. Da das Object der secundären Aufnahme ein Negativ ist, an welchem Licht und Schatten in der dem primären Object entgegengesetzten Weise vertheilt sind, so wird das Glasbild, welches aus der zweiten Aufnahme hervorgeht, das secundäre Negativ, wie wir es nennen wollen, Licht und Schatten in der Weise vertheilt enthalten, wie sie in dem primären Object gegeben sind. Copirt man dieses secundäre Negativ, so erhält man natürlich einen Papierabdruck, an welchem die Vertheilung von Licht und Schatten entgegengesetzt der des primären Objectes ist (Taf. II, Fig. 1).

Das secundäre Negativ ist daher zur Anfertigung von Copien nicht zu gebrauchen, es muss vielmehr Object einer neuen Aufnahme werden, welche ein Glasbild liefert, das tertiäre Negativ, das in der Anordnung von Licht und Schatten entgegengesetzt dem secundären Negativ, richtige positive Papierabzüge des ursprünglichen Objectes liefert (Taf. II, Fig. 2).

Da man ausser dem primären Negativ noch zwei weitere Negative nöthig hat, so kann man die photographisch zu er-

zielende Steigerung der Vergrösserung auf die beiden letzteren Negative vertheilen. Nach meiner Erfahrung thut man in dieser Beziehung am besten, das secundäre Negativ bei einer stärkeren, das tertiäre dagegen bei einer ganz schwachen Vergrösserung aufzunehmen. Will man z. B. die ursprüngliche Vergrösserung photographisch 50mal erhöhen, so wird das secundäre Negativ bei einer Vergrösserung von 25, das tertiäre aber nur bei 2facher Vergrösserung aufgenommen. Zur Erzielung dieser ganz schwachen Vergrösserungen bedient man sich des oben beschriebenen Apparates, dessen optische Grundlage ein Doppelobjectiv von 19 Linien bildet. Ist man nicht in dem Besitz eines solchen Apparates, so muss man die secundäre und tertiäre Aufnahme mit der schwächsten Linse machen, über welche man disponirt. Hat man ein Mikroskop von Oberhäuser, so entfernt man von dem schwächsten Linsensystem, welches immer noch aus zwei Linsen besteht, die obere Linse und gebraucht nur die untere unter gleichzeitiger möglichster Verkürzung der Entfernung der Objectivlinse von der empfindlichen Glasplatte.

Schon oben wurde bemerkt, dass für die photographische Steigerung der Vergrösserung es von der höchsten Wichtigkeit sei, das Sichtbarwerden des Silberniederschlages möglichst weit hinauszuschieben oder mit anderen Worten, Negative mit möglichst feinem Silberniederschlage darzustellen. Diese Anforderung ist natürlich nur bei dem primären und secundären Negativ, welche Objecte neuer Aufnahmen werden, zu erfüllen; das tertiäre, welches erst zur Darstellung der Papiercopien dient, wird dagegen ganz nach der bereits angegebenen Methode behandelt. Ein möglichst feiner Silberniederschlag wird nun erreicht theils durch Verdünnung der photographischen Lösungen, theils durch Abänderung in der Zusammensetzung der Hervorrufungsflüssigkeit.

Die Zusammensetzung des Collodion wird in folgender Weise abgeändert. Man nehme 20 Grm. uniodirtes Collo-

dion und füge demselben 10 Grm. Aether und 10 Grm. absoluten Alkohol bei. Diese gut geschüttelte Mischung lasse man einige Tage ruhig stehen und giesse dann zu derselben 30 Grm. des alkoholischen Iodnatrium-Collodions. Hat unter Schütteln die Vereinigung beider Flüssigkeiten stattgefunden, so lässt man das Collodion gleichfalls einige Tage ruhig stehen, bevor man es anwendet. Auch das sogenannte Panotyp-Collodion von Fessler und Steindorff eignet sich für unseren Zweck. Das Silberbad bereitet man sich einfach dadurch, dass man das früher angegebene Silberbad mit einem Drittheil seines Volumens Wasser verdünnt. Die Hervorrufung des Bildes geschieht nicht durch schwefelsaures Eisenoxydul, sondern durch Pyrogallussäure und zwar ist die Hervorrufungsflüssigkeit in folgender Weise zusammengesetzt:

Acid. pyrogall.	3	Grm.
Acid. citri . .	1	»
Aq. destill. .	300	»
Alcoh. absol. .	20	»

Man lässt diese Flüssigkeit so lange einwirken, bis ein schwaches, aber vollkommen klares und deutliches Bild entstanden ist. Dann spült man mit Wasser ab und fixirt sogleich mit einer Lösung concentrirten unterschwefligsauren Natrons. Nachdem das überschüssige unterschwefligsaure Natron durch sorgfältiges Abwaschen wieder vollkommen entfernt worden, wird das Bild getrocknet, aber nicht gefirnisst. Um das Negativ zu schützen, behandelt man dasselbe in ähnlicher Weise, wie ein trocknes mikroskopisches Präparat. Es wird nämlich auf jene Stelle des Negativs, welche man als Object einer vergrössernden Aufnahme benutzen will, Canadabalsam gebracht und darüber ein grösseres mikroskopisches Deckgläschen gelegt. Hierauf verkleinert man die Glasplatte durch Abschnitte an den Rändern mittelst des Diamantes, um dieselbe leichter unter dem Mikroskop verschieben zu können.

Papierabzüge können von solchen primären und secun-

dären Negativen natürlich nicht gemacht werden, da sie in Folge des äusserst fein vertheilten geringen Silberniederschlags durchaus nicht jene Kraft besitzen, welche gute Copien gebende Negative haben müssen. Dagegen können dieselben als positive Glasbilder benutzt werden, von denen bereits oben die Rede war. Man lässt dann die hervorrufende Flüssigkeit etwas länger einwirken oder kann selbst das erste der früher erwähnten Verstärkungsmittel anwenden. Nach dem Trocknen müssen jedoch diese Glasbilder eine dunkle Unterlage und zwar auf der Bildseite der Glastafel erhalten. Dieselbe wird entweder dadurch gewonnen, dass man dem Bilde einen Ueberzug von Asphaltlack, demselben, der auch vielfach als Verschlussmittel mikroskopischer Präparate gebraucht wird, giebt, oder durch schwarzen Sammet, welcher hinter dem gefirnissten Bilde befestigt wird.

Bei der Darstellung aller Negative, welche Objecte vergrösserter Aufnahmen werden sollen, ist die grösste Aufmerksamkeit darauf zu wenden, dass die Einstellung eine absolut scharfe sei. Besonders ist dieses zu berücksichtigen bei der Aufnahme des primären Negativs, da sich in dem Verhältniss der Zunahme der Vergrösserung jeder Fehler der Einstellung multiplicirt. Gerade hier ist aber die Einstellung am schwierigsten, weil jedes primäre Negativ mit den stärksten Linsen dargestellt wird, die Schwierigkeit der Einstellung aber im Verhältniss zur Stärke der angewandten Vergrösserung wächst. Der aus dieser Schwierigkeit sich ergebende Missstand wird aber zum Theil wenigstens dadurch compensirt, dass man von dem Sehfeld des primären Negativs für die weiteren vergrössernden Aufnahmen nur einen verhältnissmässig geringen Theil braucht. Man hat daher eine gewisse Auswahl der Stellen und wird natürlich nur jene wählen, welche bei der Untersuchung mit der Lupe sich als die am schärfsten eingestellte ausweist.

Ein weiterer Punkt, welcher bei der Steigerung der Vergrösserung durch die Photographie Berücksichtigung verdient, ist die Auswahl der mikroskopischen Objecte. Es ist bekannt, dass die Tiefe des Raumes, welcher in den Grenzen der scharfen Einstellung liegt, eine verschwindend kleine ist. Es kann also von der Anwendung einer Methode, bei welcher die geringste Unrichtigkeit in der Einstellung eine so bedeutende Fehlerquelle wird, keine Rede sein bei Gebilden, deren Dicke grösser ist als jener verschwindend kleine Raum, welcher innerhalb der Grenzen einer scharfen Einstellung liegt. In diese Kategorie gehören z. B. schon die menschlichen Blutkörperchen wegen ihrer Dicke. Ich habe dieselben mehrere Centimeter gross mit scheinbar exquisiten Kernen dargestellt. Die Kerne waren aber sicher Folge der Darstellungsmethode, da eben bei der Aufnahme des primären Negativs eine absolut scharfe Einstellung des ganzen Blutkörperchens wegen dessen Dicke eine Unmöglichkeit ist. Noch weniger als Blutkörperchen eignen sich natürlich an sich schon zusammengesetzte Gebilde, wie Muskelfäden oder Nervenröhren *in toto*. Dagegen sind für die Methode passend alle äusserst dünnen, namentlich membranartigen Gebilde, Zellenhüllen, sogenannte structurlose Membranen, wie Muskelscheide, Nervenscheide; fein vertheilter Zelleninhalt, comprimirte Zellenkerne, Samenfäden, Flimmerhaare u. dgl., also im Allgemeinen nur solche Objecte, welche wir mit dem Namen Elementartheile bezeichnen.

Gerade aber um die Erforschung der etwa vorhandenen feineren Structur der genannten Gebilde handelt es sich auch bei der Anwendung so enormer Vergrösserungen, wie sie die Mikrophotographie an die Hand giebt. Wer histologisch zusammengesetzte Theile, wie z. B. Säugethiereier, quergestreifte Muskelfäden mittelst der photographischen Vergrösserungsmethode untersuchen wollte, der würde beiläufig in denselben Fehler verfallen, wie Jemand, der glaubte ganze

Muskeln, ganze Nerven oder Ganglien mit dem Mikroskop beobachten zu können. Wie gesagt, nur Theile von verschwindend kleinem Dickendurchmesser können Untersuchungsobjecte für die neue Methode abgeben.

Präparation der Objecte für photographische Aufnahmen.

Obgleich jedes mikroskopische Präparat photographisch dargestellt werden kann, so geben doch nicht alle gleich gute Bilder, selbst wenn sie von jedem Fehler technisch photographischer Art frei sind. Diese Verschiedenheit liegt nicht sowohl in der Natur der Objecte, als in der Art der Präparation. Da nun eine photographische Aufnahme immer eine Sache ist, welche Zeit und Mühe erfordert, so thut man gut, nur solche Präparate zu photographiren, welche gute Bilder versprechen. Zwei Punkte sind es nun, welche man bei der Darstellung mikroskopischer Präparate, welche photographirt werden sollen, ins Auge zu fassen hat.

Zuerst hat man darauf zu sehen, dass in dem Sehfelde durchaus nichts dem Objecte Fremdartiges auftritt, also keine Luftblasen, keine Staubtheile oder sonstige Verunreinigungen, da alle diese Dinge natürlich auch auf dem Bilde wiederkehren. Den mikroskopischen Beobachter, der nur mit dem Gegenstande seiner Untersuchung beschäftigt ist, stören derartige Gegenstände in dem Sehfelde nicht, er sieht sie kaum. In einer ganz anderen Lage befindet sich aber der Beschauer einer mikroskopischen Photographie, welcher zunächst unter dem Totaleindruck des Bildes steht und sich erst gewissermaassen in den Gegenstand hineindenken muss, wobei ihm alle fremden Beigaben hindernd in den Weg treten. Ausserdem befinden sich derartige Beimengungen oft nicht in glei-

chem Focus mit dem aufzunehmenden Gegenstand und geben daher kein scharfes, sondern ein verwaschenes Bild, was durch den mehr fleckenartigen Eindruck, welchen es macht, der ganzen Aufnahme in hohem Grade Eintrag thut. Man kann zwar bisweilen mittelst Deckfarben, welche man auf das Negativ aufträgt, nachhelfen; aber mit dem Decken auf dem Negativ ist es deshalb eine missliche Sache, weil, wenn dabei nicht sehr geschickt verfahren wird, immer Spuren der gedeckten Stellen an den Copien sichtbar werden.

Der zweite Punkt, welcher bei der mikroskopischen Präparation zu berücksichtigen ist, besteht darin, dass man, so viel es nur immer angeht, möglichst wenig von dem Objecte in das Sehfeld bringt. Ist nämlich das Sehfeld mit Objecten überladen, so liegen dieselben oft über einander, oder sind so gelagert, dass sie nicht in gleichem Focus stehen. Das Auge des Mikroskopikers corrigirt hier zum Theil die geringen Focaldifferenzen, was aber der mikrophotographische Apparat durchaus nicht vermag, indem er nur auf eine Ebene eingestellt werden kann. Wir erhalten daher neben scharf gezeichneten Objecten andere mit verschwommenen Contourlinien, welche das ganze Bild mehr oder weniger unbrauchbar machen, während es vortrefflich sein könnte, wenn es nur die wirklich scharf eingestellten Objecte enthielte.

Am leichtesten sind natürlich jene Präparate anzufertigen, welche von Flüssigkeiten stammen, wie von Blut, Milch, Schleim u. s. w. Neben der Vermeidung von Luftblasen hat man bei derartigen Präparaten für gehörige Vertheilung der Formelemente zu sorgen, was man durch passenden Druck auf das Deckgläschen erzielt. Entsprechend der angegebenen Regel sollte man nie Sehfelder wählen, welche mehr als zehn bis fünfzehn Blutkörperchen, oder vier bis sechs Epithelialzellen enthielten, und so lange das Sehfeld verändern, bis alle darin befindlichen Formelemente scharf eingestellt erscheinen. Alle faserigen Theile, wie Bindegewebe, Muskeln, Nerven

müssen möglichst sorgfältig unter der Lupe mit Nadeln präparirt werden. Unter allen Lupen ziehe ich zum Zwecke der Präparation die Brücke'sche vor, welche 4 bis 5mal vergrössert. Man muss die Theile durch die Präparirnadeln wo möglich noch mehr zu isoliren suchen, als dieses sonst bei der mikroskopischen Präparation geschieht. Nie sollte man mehr als einen quergestreiften Muskelfaden, zwei bis drei Nervenröhren oder muskulöse Faserzellen in das Sehfeld bringen. In allen jenen Fällen, in welchen die mikroskopische Untersuchung Schnitte oder Schliffe verlangt, müssen dieselben von der grössten Feinheit und Gleichmässigkeit sein. So ist es z. B. recht schwer, einen Knorpelschnitt so fein darzustellen, wie ihn die mikroskopische Photographie verlangt, und unter einem Dutzend Schnitten, welche bei der einfachen Beobachtung ganz gute Bilder geben, ist oft kaum ein einziger, der sich gut photographirt. Der Grund hiervon liegt darin, dass die zelligen Elemente des Knorpels bei Schnitten nicht in einer Ebene liegen und daher, wenn der Schnitt nicht sehr fein ist, Knorpelzellen über- und untereinander zu liegen kommen, welche gleichzeitig natürlich nie scharf eingestellt werden können. Im Allgemeinen sollte man nur technisch ganz vollendete Präparate als Objecte mikrophotographischer Darstellung wählen; nur in diesem Falle wird man sich für die angewandte Mühe reichlich belohnt finden.

Was die Anwendung von Reagentien betrifft, so werden durch die am meisten angewandten, die Essigsäure und die Natronlösung bekanntlich die Contouren der Zellengebilde sehr blass. Um in diesem Falle die letzteren dennoch photographisch darstellen zu können, muss man sich der stärksten Blendungen bedienen. Mit Chromsäure und deren Salzen behandelte Präparate geben im Allgemeinen deshalb bessere Bilder, weil hier die Contourlinien in der Regel schärfer hervortreten. Ebendeshalb photographiren sich in absolutem Alkohol ihres Wassers beraubte und in Canadabalsam con-

servirte Präparate weniger gut, es sei denn, dass sie vor der Behandlung mit Alkohol nach der von mir angegebenen Weise mit Farbstoff imbibirt wurden. Ueberhaupt eignen sich Farbstoffpräparate mehr als andere für photographische Aufnahmen, indem der ins Violette schillernde rothe Farbenton des carminsauren Ammoniaks photographisch ausserordentlich wirksam ist; da bekanntlich die violetten Strahlen sich dadurch auszeichnen, dass sie am energischesten chemische Wirkungen hervorrufen. Auch Injectionspräparate, deren Gefässe mit der von mir empfohlenen rothen oder mit blauer, aus frisch bereitetem Berliner Blau mit Zusatz von etwas Kleesalz bestehenden Masse gefüllt sind, geben sehr lohnende Objecte für die photographische Darstellung ab. Je intensiver die Farbe der injicirten Gefässe, je mehr also Farbstoff der Gelatinelösung beigefügt wurde, um so besser eignen sich die Präparate für die Photographie.

Schliesslich muss ich noch eines Umstandes gedenken, welcher bei der Aufnahme frisch bereiteter, in Wasser befindlicher Objecte zu berücksichtigen ist. Da man nämlich fast immer bei vollem Sonnenlichte die Aufnahmen zu machen genöthigt ist, so verdunstet wegen der einwirkenden Wärme ziemlich rasch das zwischen Objectträger und Deckglas befindliche Wasser. Die Wärmewirkung der von dem Hohlspiegel des Apparates reflectirten Strahlen neutralisirt man dadurch, dass man die in Fig. 4 abgebildete Klappe immer geschlossen hält, mit Ausnahme der Momente der Einstellung und der Aufnahme. Die direct von oben auf das Object auffallenden Strahlen werden dadurch abgehalten, dass man ein Stückchen Cartonpapier, das etwas grösser als der Objectträger ist, an das untere Ende des Mikroskops befestigt. Die Befestigung selbst geschieht einfach so, dass das centrisch mit einem kleinen Loche versehene Stückchen Cartonpapier vor dem Anschrauben der Linsen an die untere Oeffnung des Mikroskopenrohrs gesteckt, und durch die nachgeschraubten

Linsen daran befestigt erhalten wird. Bei dem Gebrauche von Immersionslinsen sind diese beschattenden Plättchen zur Vermeidung der Verdunstung des zwischen Linsen und Deckglas befindlichen Wassers absolut nöthig. Uebrigens ist es gut, auch alle frischen Präparate zur Verhütung der Wasserverdunstung an dem Rande des Deckgläschens mit einem rasch trocknenden Firniss zu umgeben, wozu sich am besten reiner Schellack, in absolutem Alkohol gelöst, eignet. Nach der Aufnahme bringt man den Objectträger in absolutem Alkohol, in welchem er sowohl wie das Deckglas leicht gereinigt werden kann. Noch einfacher, aber in der Ausführung etwas schwieriger ist ein Wachsverschluss, wobei man sich des flüssigen Wachses eines dünnen, eben erloschenen Kerzchens bedient, welches an dem Rande des Deckgläschens aufgetragen wird. Zusatz von Glycerin zu dem Präparate, um dadurch die Folgen der Wasserverdunstung zu verhüten, rathe ich deshalb nicht an, einmal weil auf manche Elementartheile, wie z. B. auf die Zellen des Darmepithels Glycerin selbst verändernd einwirkt und dann weil durch Glycerin die Theile selbst ausserordentlich durchsichtig gemacht werden, ein Umstand, unter welchem nothwendig bei der photographischen Aufnahme die Zeichnung mehr oder weniger leidet.

Gang einer mikrophotographischen Aufnahme.

Das Erste, was man bei mikrophotographischen Aufnahmen zu berücksichtigen hat, ist das Wetter. Nur an einem Tage, an welchem ein klarer Himmel, der Barometerstand und die Windrichtung reichliches Sonnenlicht versprechen, sollte man die Vorbereitungen für die Aufnahmen machen; denn es ist nichts unangenehmer, als, nachdem Alles in Ordnung gebracht worden ist, durch den Mangel des Sonnenlichtes an weiterer Thätigkeit gehindert oder mitten in der Arbeit unterbrochen zu werden. Hat man keine fertigen Präparate, so ist es gut, möglichst früh zu beginnen und die ersten Morgenstunden zur Darstellung der frischen Präparate zu verwenden; denn da nur Präparate von vorzüglichster technischer Vollendung die mit der photographischen Darstellung verbundene Mühe lohnen, so ist natürlich die Anfertigung derselben zeitraubender als gewöhnlich, und um vier bis sechs ausgezeichnete Präparate zu gewinnen, braucht man oft drei Stunden und mehr Zeit.

Nach der Darstellung der Präparate reinigt man sich die nöthige Anzahl Glasplatten, jedoch immer einige mehr, als man zu gebrauchen gedenkt, um für den Fall, dass einzelne Aufnahmen misslingen, keine Zeit mit dem Putzen der Platten zu verlieren. Die geputzten Platten werden durch Aufbewahrung in dem Plattenkasten gegen den Zutritt von Staub oder sonstige Verunreinigung geschützt. Hierauf wird die Schale für das negative Silberbad möglichst rein ausgewa-

sehen und das letztere hineinfiltrirt. Ist so in dem Dunkelzimmer Alles zur Aufnahme vorbereitet, in den Glasflaschen die nöthigen Quantitäten der verschiedenen Lösungen vorhanden, dann schreitet man zur Aufstellung des Apparates. Da man sich hierbei nach dem Stande der Sonne richten muss, verschiedene Lokalitäten aber in verschiedenen Stunden Sonnenlicht erhalten, so lässt sich über die Zeit nichts Genaues angeben; man muss sich eben nach der Lage der für die Aufnahmen bestimmten Orte richten. Allein nach meiner Erfahrung ist es am besten, wenn man es so einrichten kann, dass die Aufnahmen in die Morgenstunden von neun bis elf Uhr fallen. Auch ist es zweckmässiger, den Apparat im Freien als an dem Fenster eines Zimmers aufzustellen, und zwar aus dem Grunde, weil man im Freien mehr in der Lage ist, sich mit der Stellung des Apparates nach dem jeweiligen Stande der Sonne zu richten.

Bei der Aufstellung des Apparates ist vor Allem darauf zu sehen, demselben eine vollkommen solide, feststehende, nicht wankende Unterlage zu geben von der Höhe, dass man bequem mit verhülltem Kopfe auf die Visirscheibe sehen kann. Ich benutze hierzu ein solid gearbeitetes, mit vier Füssen versehenes Tischchen von 55 Ctm. Höhe. Sind nun die Linsen des Apparates auf das Sorgfältigste gereinigt und angeschraubt und steht die Beleuchtungslinse in der richtigen Entfernung von dem Spiegel, so giebt man dem letzteren seine Stellung gegen die Sonne und beobachtet mit verhülltem Kopfe die Visirscheibe, nachdem man schon vorher die passend scheinende Blendung eingesetzt, die grobe Einstellung durch Verschieben des Rohres bewerkstelligt und das Letztere durch Anziehen der Schraube *k* in Fig. 2 vollkommen festgestellt hat. Hat der Spiegel die richtige Neigung gegen die Strahlen der einfallenden Sonne, so wird das Sehfeld alsbald vollkommen hell, worauf das Präparat aufgelegt, die aufzunehmende Stelle desselben gesucht und dann unter Anwendung der oben

angegebenen Hülfsmittel vermittelst der Mikrometerschraube scharf eingestellt wird. Nach der Einstellung schiebt man sogleich die in Fig. 4 abgebildete Klappe zwischen Beleuchtungslinse und Spiegel, und bedeckt behutsam den ganzen Apparat mit dem schwarzen Sammettuch, welches zur Verhüllung des Kopfes bestimmt ist, ohne dabei die Stellung des Spiegels oder die Lage des Objectträgers zu verrücken. Hierdurch bleibt der ganze Apparat während der Zeit, in welcher die Glasplatte präparirt wird, gegen die Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützt.

In dem Dunkelzimmer, dessen Thüre zunächst noch offen bleibt, überfährt man die bereits gereinigte Glasplatte noch einmal mit dem Staubpinsel und giesst dann das Collodion unter Beobachtung der oben angegebenen Vorschriften auf. Hat sich das Collodionhäutchen gebildet, so schliesst man die Thüre des Dunkelzimmers und bringt die Glasplatte mittelst des rechtwinklig gebogenen Glasstreifens in das schon bereit stehende Silberbad. Nachdem die Platte darin eine halbe bis ganze Minute geblieben und durch öfteres Auf- und Niedersenken eine gleichmässige Benetzung derselben erzielt worden ist, bringt man sie in die Cassette. Mit der wohlverschlossenen Cassette begiebt man sich nun wieder zu dem Apparat, setzt aber nicht sogleich die Cassette statt der Visirscheibe ein, sondern verhüllt sich nochmals mit dem Sammettuche den Kopf und untersucht, ob keine Veränderung in dem Sehfelde vorgegangen. Nicht selten, namentlich wenn die Präparation der Glasplatte längere Zeit gedauert hat, wird man finden, dass das Sehfeld nicht mehr vollständig beleuchtet ist. Dieses hat darin seinen Grund, dass die Sonne, oder eigentlich richtiger die Erde in der Zeit, welche seit der Richtung des Spiegels verflossen ist, ihre frühere Stellung geändert hat. Entsprechend dieser Aenderung muss nun der Spiegel etwas verschoben werden und zwar so lange, bis das Sehfeld wieder vollständig erleuchtet ist. Auch darauf ist bei dieser zweiten

Untersuchung zu achten, dass die Einstellung eine vollkommen scharfe sei. Während dieser Zeit darf man die geschlossene Cassette nicht den vollen Sonnenstrahlen ausgesetzt liegen lassen, indem die dadurch bedingte Wärme nachtheilig auf die Lichtempfindlichkeit der eingeschlossenen Glasplatte wirkt. Ich pflege die Cassette gewöhnlich unter das Tischchen, auf welchem der Apparat steht, zu legen, und erhalte den hier befindlichen Raum dadurch beschattet, dass ich an den beiden vorderen Füssen des Tischchens ein dünnes Brett mit Nägeln befestige.

Ist auf der Visirscheibe Alles in vollkommener Ordnung, so hebt man dieselbe auf und setzt statt derselben die Cassette vorsichtig und unter sorgfältiger Vermeidung jeder Verrückung ein, zieht hierauf den leicht gehenden Schieber der Cassette behutsam zurück und öffnet durch eine leichte Handbewegung die Klappe, worauf das Licht zu der empfindlichen Glasplatte tritt. Die Dauer der Expositionszeit bestimmt man entsprechend den früher angegebenen Regeln nach einer Secundenuhr, und nach Ablauf derselben wird sogleich die Klappe geschlossen. Hierauf schliesst man die Cassette durch Zuschieben des Schiebers, entfernt dann die Cassette, klappt die Visirscheibe um und verhängt wieder den Apparat mit dem schwarzen Sammettuch. Dieses Alles muss rasch geschehen, damit man möglichst schnell mit der geschlossenen Cassette in das Dunkelzimmer zurückkommt, dessen Thüre jetzt sorgfältig geschlossen werden muss. Es wird nun sogleich die Platte aus der Cassette herausgenommen, unter Befolgung der früher angegebenen Cautelen die Hervorrufungsflüssigkeit aufgegossen und durch behendes Wenden der Platte eine möglichst rasche und gleichmässige Vertheilung derselben erzielt. Die nothwendige Verstärkung und Fixirung des Negativs geschieht nach den eben mitgetheilten Vorschriften. Ist die Zeichnung in dem Negativ nicht vollkommen scharf oder sind an demselben Gussflecken bemerkbar, ist überhaupt dasselbe

nicht vollkommen tadelfrei, so wiederhole man sogleich die Aufnahme, denn nichts ist verdriesslicher und benimmt mehr die Freude an der Photographie, als das Copiren nach nicht gelungenen Negativen.

Bei Anwendung der schiefen Beleuchtung gelingen mikrophotographische Aufnahmen recht gut; besondere Vortheile habe ich jedoch von dieser Beleuchtungsweise nicht gesehen. Auch mit polarisirtem Lichte kann man photographiren, wie ich mich durch mehrfache Versuche überzeugt habe. Ich wandte hierbei einen Polarisationsapparat von Oberhäuser an. Blendungen können hier natürlich nicht eingesetzt werden, einmal weil das eine der beiden Nicol'schen Prismen an jene Stelle kommt, welche sonst die Blendungen einnehmen und dann, weil durch die Polarisation überhaupt Licht verloren geht. Wegen dieser, mit der Polarisation nothwendig verbundenen Schwächung der Lichtintensität ist man auch genöthigt, die Dauer der Expositionszeit etwas zu verlängern und die Verstärkungsmittel ausgiebig anzuwenden. Entsprechend den verschiedenen Polarisationsfarben enthält die Platte eine eigenthümliche Schattirung und zwar so, dass die violetten Stellen am intensivsten geschwärzt, die orangegelben dagegen am lichtesten sind. Dieses rührt von der Verschiedenheit in der chemischen Wirkung her, welche verschieden gefärbte Strahlen äussern. In der positiven Copie erscheinen dem entsprechend die violetten Stellen immer am lichtesten, während die orangegelben die dunkelsten sind. Man muss entsprechend der verschiedenen Stellung der beiden Nicol's gegeneinander von demselben Gegenstande natürlich immer mehrere Aufnahmen machen, um die Aenderung der den Farben entsprechenden verschiedenen Schattirungen zu erhalten. Die fehlenden Farben müssen bei derartigen Aufnahmen aus der Reihenfolge der Schattirung entziffert werden.

Erklärung der Tafeln.

Taf. I.

Fig. 1. Der Millimeter getheilt in Hundert nach einem Mikrometer von Oberhäuser. Vergrösserung 265.

Fig. 2. Schuppe der *Hipparchia Ianira.* Vergrösserung 265.

Taf. II.

Fig. 1. Vergrösserte Aufnahme des Negativs von Taf. I, Fig. 2, den hinteren Theil der Schuppe von *Hipparchia Ianira* darstellend. Vergrösserung 670.

Fig. 2. Vergrösserte Aufnahme des Negativs von Taf. II, Fig. 1. Aus dem mittleren Theil der Schuppe von *Hipparchia Ianira.* Vergrösserung 1460.

Taf. III.

Quergestreifte Muskelfäden des Frosches in Canadabalsam conservirt nach Entfernung des Wassers durch absoluten Alkohol. Vergrösserung 1000. Steigerung derselben auf photographischem Wege.

Taf. IV.

Fig. 1. *Membrana choriocapillaris* des menschlichen Auges mit carminsaurem Ammoniak und Gelatine injicirt. Vergrösserung 43.

Fig. 2. Durchschnitt des Augapfels eines halbjährigen Kindes mit dem Apparate für geringe Vergrösserungen, in doppeltem Verhältniss der natürlichen Grösse aufgenommen.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

Fig. I



Fig. II.



Fig. I.



Fig. II.



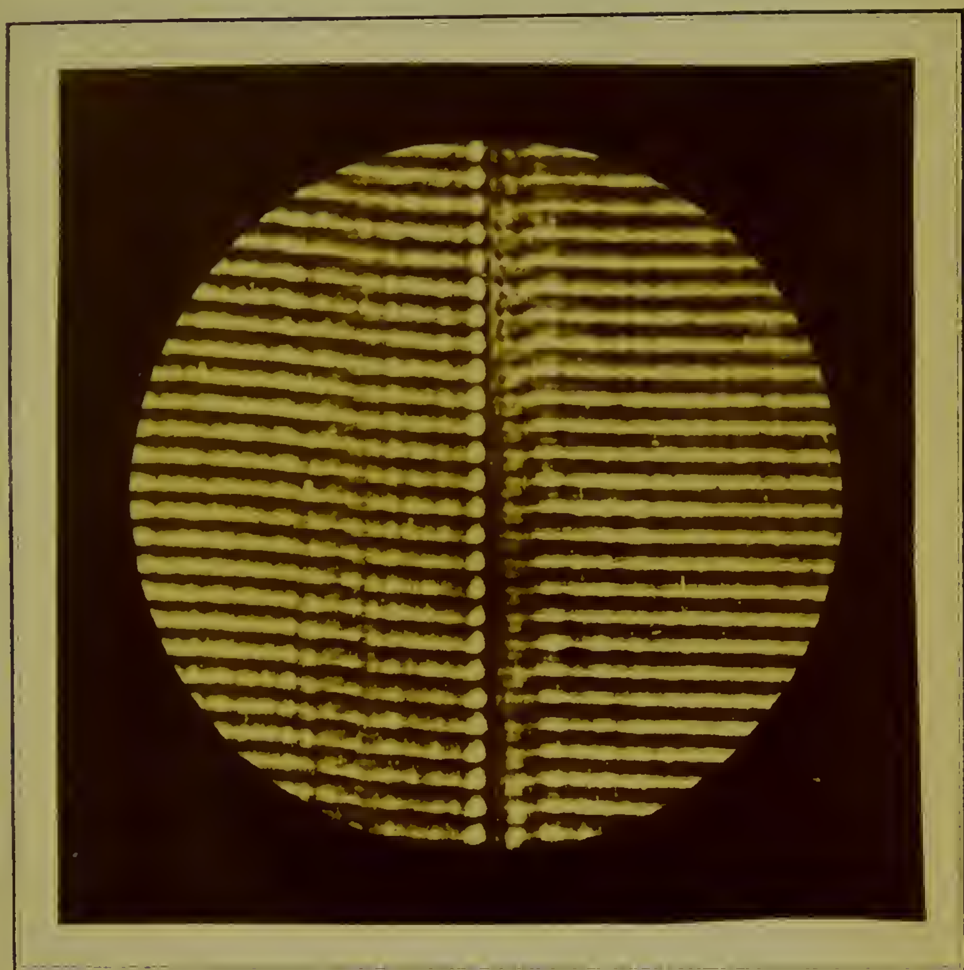


Fig. I.



Fig. II.



